



UNIVERSITÀ DI PISA

SCUOLA DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

**APPLICAZIONE DELLA “TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE”  
SU UNA LINEA CONVERTING TISSUE**

***ANALISI PERDITE DI EFFICIENZA, MANUTENZIONE AUTONOMA  
E MANUTENZIONE MIGLIORATIVA***

RELATORI:

**Ing. Marcello Braglia**

**Ing. Giuseppe Pizzi**

CANDIDATO:

**Jacopo Bocca**

**Anno Accademico 2014-2015**



*(...) Malgrado tutto avevo fame di  
un significato nella vita  
E adesso so che bisogna alzare le  
vele e prendere i venti del destino,  
dovunque spingano la barca.  
Dare un senso alla vita può  
condurre alla follia ma una vita  
senza senso è la tortura  
dell'inquietudine e del vano  
desiderio – Una barca che anela il  
mare eppure lo teme.*

*(E.L.Masters – “Antologia di Spoon River”)*



## INDICE

INTRODUZIONE .....	7
Cap.1 – “L’INDUSTRIA DELLA CARTA” .....	9
1.1 LA PRODUZIONE DELLA CARTA IN LUCCHESIA .....	9
1.2 IL SETTORE “TISSUE” .....	11
1.3 LA STORIA DELLA “SOFIDEL S.p.a.” .....	12
Cap.2 – “LO STABILIMENTO SOFFASS S.p.a” .....	14
2.1 LA STRUTTURA AZIENDALE .....	14
2.2 IL “REPARTO PIEGATI” IN SOFFASS .....	17
2.2.1 Linea di produzione Tovaglioli .....	17
2.2.2 Linea di produzione Fazzoletti .....	23
Cap.3 – “TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE” .....	29
3.1 CENNI STORICI E INTRODUZIONE AL TPM .....	29
3.2 LE 6 GRANDI PERDITE DI IMPIANTO .....	30
3.3 OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS .....	32
3.4 ANALISI OEE IN “SOFFASS S.p.a” .....	34
3.5 LE POLITICHE MANUTENTIVE GESTITE DAL TPM .....	37
3.5.1 Manutenzione a guasto .....	38
3.5.2 Manutenzione preventiva .....	38
3.5.3 Manutenzione autonoma .....	40
3.5.4 Manutenzione migliorativa .....	42
Cap.4 – “T.P.M” SULLA LINEA T07 .....	43
4.1 ANALISI OEE DELLA LINEA T07 .....	45
Cap.5 – “MANUTENZIONE AUTONOMA” SULLA T07 .....	47
5.1 PULIZIA ED ISPEZIONE INIZIALE .....	49
5.2 ATTACCO ALLE FONTI DI SPORCO .....	52

5.3	DEFINIZIONE DEGLI STANDARD DI PULIZIA .....	54
5.4	FASE DI MANTENIMENTO E FLASH MEETING .....	56
Cap.6	– DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI SOFFIAGGIO POLVERI ...	60
6.1	IL PROBLEMA DELLE POLVERI IN SOFFASS.....	60
6.2	PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO .....	63
6.3	FLUIDODINAMICA DEI GETTI LIBERI .....	65
6.4	IMPIANTO PROTOTIPO .....	68
6.5	DIMENSIONAMENTO BOCCHETTE DI SOFFIAGGIO .....	76
6.6	DIMENSIONAMENTO DEL VENTILATORE E DELLA TUBAZIONE .....	80
Cap.7	– PROGETTAZIONE MECCANISMO DI ROTAZIONE TUBO .....	84
7.1	DESCRIZIONE DEI PARTICOLARI MECCANISMO.....	86
7.1.1	Il rotismo.....	87
7.1.2	Il giunto SITEX .....	89
7.1.3	Staffe di rotazione .....	90
7.2	VERIFICA DEL MOTORIDUTTORE .....	91
7.2.1	Il ciclo di funzionamento .....	91
7.2.2	Verifica del motore .....	93
Cap.8	– CONCLUSIONI .....	96
8.1	EFFETTI DELL'INSTALLAZIONE DELL'IMPIANTO DI SOFFIAGGIO.....	96
8.2	RISULTATI DELLA MANUTENZIONE AUTONOMA.....	98
ELENCO DELLE FIGURE .....		100
ELENCO TABELLE .....		103
BIBLIOGRAFIA.....		104
RINGRAZIAMENTI.....		105

## INTRODUZIONE

Si definisce Manutenzione l'insieme delle attività che hanno come obiettivo quello di mantenere un elemento, macchina o sistema, nello stato in cui può espletare la propria funzione.

Il presente lavoro sintetizza l'implementazione di uno strumento di gestione della manutenzione denominato TPM all'interno del "Reparto Piegati" dello stabilimento Soffass del gruppo Sofidel Spa.

TPM è l'acronimo inglese per "**Total Productive Maintenance**": nato negli Stati Uniti, è stato sviluppato successivamente in molte compagnie giapponesi diventando rapidamente uno strumento diffuso in tutto il mondo.

In sintesi TPM è un insieme di tecniche e di metodologie di lavoro che permettono di massimizzare le capacità degli impianti.

Secondo la filosofia giapponese i tre termini che definiscono il nome riassumono perfettamente quella che è la filosofia del metodo e devono essere interpretati con le seguenti accezioni:

- "**Total**": il TPM deve diventare una vera e propria filosofia di lavoro, abbracciata da tutte le figure aziendali, a tutti i livelli;
- "**Productive**": perché è necessario che l'utilizzo delle risorse aziendali sia efficace ed efficiente;
- "**Maintenance**": la terna di lavoro "Uomo-Macchina-Materiale" deve essere *mantenuta* in ottime condizioni.

La "JIPM" (Japanese Institute of Plant Maintenance) ha riassunto il TPM in alcuni pilastri fondamentali; ognuno di essi ha il compito di aggredire una ben precisa tipologia di perdita produttiva, con la olistica aspirazione di renderle nulle.

L'obiettivo ultimo può essere sintetizzato in:

- "Zero Incidenti";
- "Zero Guasti";
- "Zero Difetti".

La tesi riassume quali strumenti del TPM, e in che modo, sono stati sviluppati nell'azienda e quali attività ad esso correlate vengono svolte regolarmente.

Una volta definito tale scenario viene descritta la progettazione di un "impianto di soffiaggio delle polveri" il cui scopo, in perfetta attinenza con il "Lean-Thinking", è quello di ridurre il tempo dedito alla pulizia, aumentando così quella che è la disponibilità a produrre.

L'operatore infatti, ad ogni fine turno, deve svolgere quelle attività di pulizia ed ispezione definite dalla "Manutenzione Autonoma" (una delle politiche manutentive gestite dalla TPM); fra queste ricade il soffiaggio e l'aspirazione delle polveri di carta che sono solite crearsi in fase di lavorazione; questa procedura risultava una fra le perdite produttive più gravose della linea e si è pensato di conseguenza di automatizzarla, almeno parzialmente.

L'eliminazione delle polveri risulta necessaria per diversi motivi:

- Per mantenere la macchina in uno stato ottimale, evitando che l'eccesso di polvere determini il grippaggio degli organi in movimento;
- Per non intaccare la qualità del prodotto: ad esempio eccessi di polvere sui rulli clichè potrebbe inficiare sulla stampa oppure le fotocellule schermate dallo sporco potrebbero non leggere adeguatamente i riferimenti;
- Per ridurre la contaminazione da polvere del prodotto finito;
- Per motivi di "sicurezza antincendio": la polvere di carta infatti, in determinate densità, risulta essere non solo infiammabile ma addirittura esplosiva ed inoltre la sua deposizione su superfici calde (come i motori elettrici) è fonte di rischio in caso di inneschi accidentali.

La progettazione dell'impianto di soffiaggio può essere splittata in due parti:

- Dimensionamento impiantistico della linea di ventilazione;
- Dimensionamento e verifica di un meccanismo che permetta alla tubazione di mandata di ruotare intorno ad un asse così da aumentare l'area spazzata dal flusso di aria in uscita dalle bocchette.



## **Cap.1 – “L’INDUSTRIA DELLA CARTA”**

### **1.1 LA PRODUZIONE DELLA CARTA IN LUCCHESIA**

L’area territoriale della provincia di Lucca, nella quale si concentra il Distretto cartario, comprende 12 Comuni (Capannori, Porcari, Altopascio, Pescia, Villa Basilica, Borgo a Mozzano, Fabbriche di Vallico, Galliciano, Castelnuovo Garfagnana, Barga, Coreglia Antelminelli, Bagni di Lucca) ed ha un’estensione di circa 750 kmq .

Dal punto di vista morfologico l’area è caratterizzata nella parte nord dalla presenza delle Alpi Apuane, che, inserendosi tra il litorale marino e il retropaese appenninico, formano una grande vallata intermontana: la Media Valle e la Garfagnana, percorsa dal sistema fluviale del Serchio. La zona a sud risulta invece caratterizzata da una ampia zona pianeggiante di tipo alluvionale, Piana Lucchese, che si estende sino al territorio pesciatino della Valdinievole.

La ricchezza d’acqua e i venti di tramontana che caratterizzano queste due aree, oltre che la posizione baricentrica rispetto all’Italia e al bacino del Mediterraneo, sono i motivi della tradizione secolare, risalente al XIII secolo, della produzione della carta.

In passato, infatti, la risorsa principale per impiantare un opificio da carta era rappresentata dalla presenza sul territorio di un fiume dall’acqua pura e dal flusso uniforme. Il ruolo dell’acqua era duplice: quale forza motrice indispensabile per muovere le macchine della cartiera, le pile a magli e l’olandese, ma nel contempo rappresentava anche una delle più importanti “materie prime” per la fabbricazione della carta a mano, detta anche “al tino”.

Nel complesso, il settore cartario e cartotecnico del distretto comprende più di 100 aziende con un fatturato pari a quasi 3.500 milioni di euro, ed un numero di occupati di oltre le 6.500 unità. Questi numeri sono solo parte del distretto, che al suo interno ha una componente del settore metalmeccanico, in particolare quello legato alla produzione dei macchinari, (con un fatturato di oltre 2.500 milioni di euro ed un numero di occupati di oltre 8.000 unità) ed un indotto trasversale su più eco-settori di attività merceologica, inclusi i servizi.

Il 78% delle imprese è costituito da cartiere che producono carta per ondulatori, tissue e cartoni per usi industriali, alimentari e imballi, mentre il restante è costituito da cartotecniche.

Il Distretto, con circa 900.000 tonnellate annue, detiene il controllo di circa l'80% della produzione nazionale di carta tissue (17% del dato europeo) e, con circa 1.000.000 tonnellate annue, un valore prossimo al 40% della produzione di cartone ondulato nazionale (5% del dato europeo).

Tipologie di produzione		Tipologie di trasformazione	
<i>Carta per ondulatori</i>	<i>Carta tissue</i>	<i>Carta per ondulatori</i>	<i>Carta tissue</i>
950.000 T/anno	900.000 T/anno	▼	▼
40% totale Italia	80% totale Italia	Cartone ondulato in fogli, imballaggi in c.o.	Prodotti per uso igienico
5% totale Europa	7% totale Europa		

Fig. 1.1 – I numeri della produzione di carta in Lucchesia (anno 2012)

L'export nell'industria cartaria è circa 700 milioni di euro, ed è tra i principali protagonisti, assieme alla meccanica e alla cantieristica, dell'export provinciale.

Più dell'80% delle esportazioni è destinato ai Paesi Europei: Francia, Germania, Grecia, Paesi Bassi, Spagna, Svizzera e Austria sono i mercati principali, ma non sono da considerare di minore importanza il Regno Unito, l'Ungheria, la Slovenia, il Portogallo, la Polonia e la Repubblica Ceca.

L'industria cartaria e cartotecnica rappresentano, insieme con l'industria metalmeccanica, più del 50% della forza lavoro impiegata ed oltre il 60% del fatturato industriale della provincia di Lucca.

Accanto alle imprese del settore della carta, caratterizzate da un elevato know-how e un'alta specializzazione, sono presenti numerose altre attività manifatturiere e di servizi legate a tutta la filiera produttiva ed appartenenti per lo più ai settori meccanico, elettrico, elettronico, con una forte integrazione verticale del ciclo produttivo.

## **1.2 IL SETTORE “TISSUE”**

Il settore tissue nella realtà economica lucchese è molto sviluppato e le aziende hanno avuto un forte processo di integrazione finanziaria.

L'importanza assunta dalle imprese lucchesi operanti nel tissue diviene ancor più evidente considerando il rapporto tra la relativa produzione italiana e quella lucchese, pari all'80% del totale.

Le aziende lucchesi si caratterizzano per essere tra le più dinamiche del mercato, basando le loro politiche di marketing su fattori quali la qualità e, soprattutto, la comunicazione. A conferma di quanto il tissue punti sulle grandi marche si pensi ad esempio a brand come Foxy realizzato dalle Industrie Cartarie Tronchetti, Regina dalla Soffass, Ecolucart dalla Cartiera Lucchese, Tempo dalla Sca Packaging ed altri, ormai affermati sul mercato della grande distribuzione.

Ovviamente l'ingresso nella grande distribuzione obbliga le aziende lucchesi operanti nel tissue ad essere sempre molto competitive a livello di prezzi e, pertanto, sono obbligate ad avere macchinari sempre all'avanguardia per aumentare la capacità produttiva e migliorare la qualità del prodotto.

Recentemente alcune delle maggiori aziende lucchesi operanti nel tissue hanno realizzato una strategia di presenza diretta all'estero portando in altri Paesi la produzione e la commercializzazione. Tale processo di internazionalizzazione può essere visto come un'accresciuta capacità di proiettarsi al di fuori del mercato locale, oltre che come un chiaro segnale della capacità di muoversi fuori dei confini naturali.

I punti di forza dell'impresa lucchese operante nel settore tissue, soprattutto se di grandi dimensioni ed appartenente ad un gruppo integrato, sono rappresentati dal fatto che:

- La produzione percorre l'intera filiera: dalla carta al prodotto finito (fazzoletti, carta igienica, tovaglioli);
- Ha sviluppato una politica di marketing volta a far conoscere il suo marchio al consumatore finale;
- Ha una buona propensione all'esportazione e può aver adottato un processo di internazionalizzazione;
- Possiede macchinari tecnologicamente avanzati rivolti all'abbassamento dei costi di produzione, ad una migliore qualità e differenziazione di prodotto;

- Può usufruire di un indotto che le pone a disposizione professionalità adeguate: dalle imprese operanti nel settore meccanico e che quindi le possono fornire macchinari e manutenzione sia ordinaria che straordinaria, fino alle aziende di servizi di trasporto;
- Ha sviluppato processi produttivi molto efficienti (ad esempio bassi consumi di energia e di acqua).

### **1.3 LA STORIA DELLA “SOFIDEL S.p.a.”**

Nel 1966 Emi Stefani e Giuseppe Lazzareschi, aprono la prima cartiera, “Stefani&Lazzareschi” a Pracando (Villa Basilica), zona con una lunga storia nella produzione della carta. Nel 1969, nasce la seconda cartiera, Fine Paper, a Porcari (Lucca), area della piana lucchese particolarmente ricca di acqua, risorsa fondamentale per il processo produttivo.

Nel corso degli anni 70, il consumo della carta per uso igienico e domestico va rapidamente aumentando e il gruppo, in pochi anni, si afferma sul mercato italiano.

I produttori del settore oltre che alle cartiere iniziano a guardare con interesse anche agli impianti di trasformazione, quelli in cui la carta, tagliata e piegata, diventa prodotto finito. L’azienda vive questa fase attraverso la costituzione delle trasformazioni Soffass (1972) e Delicarta (1979) e l’incremento delle esportazioni all’estero.

Il settore vive nuove opportunità anche sull’onda dell’affermazione, in Italia, della tv commerciale. Nel 1987 Soffass inizia la comunicazione pubblicitaria televisiva del brand Regina; investendo molto nella comunicazione aziendale, consolida la propria immagine con il payoff “La carta più”.

Nel 1988 nasce Sofidel : l’acronimo nasce dall’unione delle aziende So (Soffass), Fi (Fine Paper), Del (Delicarta).

Si intensifica, intanto, la vendita dei prodotti all’estero. Allo scopo di contenere i costi logistici e supportare meglio l’internazionalizzazione delle principali realtà della grande distribuzione, Sofidel comincia a produrre sui mercati di sbocco in Europa. Nel 1994 inizia la costruzione di Delipapiers.a.s a Nancy. Nel 1997, nasce Papernet a Porcari (Lucca), attiva sul mercato Horeca.

Attraverso costituzioni o acquisizioni di società il gruppo, negli anni 2000 prosegue il processo di crescita e internazionalizzazione: in Polonia con Delitissue (2000), in Italia

con Fibrocellulosa (2000), Cartiera di Monfalcone (2002), e Imbalpaper (2003), in Gran Bretagna con Intertissue (2003), in Germania con DelipapierGmbH e Delisoft (2003), in Spagna con Ibertissue (2003), in Turchia con SofidelKagit (2004), in Francia con lo stabilimento di Buxeuil, nel dipartimento della Vienne (2006), in Germania con le società del Gruppo Werra (2007) e infine in Grecia, con Papyros, a Katerini (Salonicco) (2009). Vengono anche acquisiti il marchio tedesco Softis (2008) e i marchi francesi Le Trèfle e Sopalin (2009). In anni in cui l'attenzione alla sostenibilità, in particolare ambientale, sta divenendo centrale, Sofidel diventa partner del programma internazionale del WWF "Climate Savers" (2008).

Nel 2010 nasce, in Croazia, SofidelPapir e vengono acquisite, in Romania, Comceh S.A e, in Gran Bretagna, LPC Group (rinominata Sofidel UK), con sede a Leicester. Con fabbriche anche in GB, Svezia, Belgio e Francia. Sofidel è il secondo produttore europeo del mercato tissue. Sempre nel 2010 aderisce alla Fondazione Sodalitas e all'United Nation Global Compact.

Nel 2012 Sofidel si espande oltre oceano, nel mercato statunitense acquisendo Cellynne (rinominata Sofidel America) e supera la capacità produttiva di 1.000.000 di tonnellate.

Nel dicembre 2012 è avviata la collaborazione con la Fondazione Telethon e nel marzo 2013, con Cospe, per un progetto sociale e ambientale in Senegal. Nell'aprile 2013 Sofidel acquisisce altri marchi: Thirst Pocket, Kitten Soft, Inversoft e Nouvelle Soft (GB e ROI) e lo stabilimento di Horwich, in Gran Bretagna.

## Cap.2 – “LO STABILIMENTO SOFFASS S.p.a”

### 2.1 LA STRUTTURA AZIENDALE

Soffass è una azienda di converting produttrice di carta tissue con il brand di “Regina”.

Lo stabilimento è suddiviso in due reparti:

- “Reparto Rotoli”: composto da sette linee, è il reparto dove sono prodotti gli asciugoni e i rotoli di carta igienica non solo per il marchio Regina ma anche per aziende terze (le cosiddette “Private Label”).
- “Reparto Piegati”: composto da tre linee di fazzoletti e 12 di tovaglioli; anche qui come per l'altro reparto la produzione avviene non solo per il proprio marchio ma anche per le Private Labels.

Si presentano nel dettaglio alcuni “data sheet” dei prodotti di punta dell'azienda:

			<b>REGINA</b> <b>TT-CARTA CAMOMILLA</b>		
SPECIFICATIONS			FORMATS		
Product	Type	Toilet Tissue	Wrap	By	Bundle
Plies	n°	3	4		6
Plies Configuration	Type	2 top - 1 bottom	4		15
Sheet Count	n°	300	6		10
Sheet Length	mm	123	6		SF
Winding Length	mt	36,90	8		3
Log Diameter	mm	131	8		SF
Roll Height (CUT length)	mm	98	12		SF
Base Sheet Weight	g/m <sup>2</sup>	16,5			
Embossed	Y/N	YES			
Laminated	Y/N	YES			
Embossing Technology	Type	DERL (Micro-Deco)			
Embossing Pattern (Top)	Type	Camomille D4856PE			
Embossing Pattern (Bottom)	Type	Micro			
Print	Y/N	YES			


Fig. 2.1 – “Regina Carta-Camomilla”

# REGINA

## KT-ASCIUGONI & XXL

SPECIFICATIONS			FORMATS		
Product	Type	Kitchen Towel	Wrap	By	Bundle
Plies	n°	2	2		4
Plies Configuration	Type	1 top - 1 bottom	2		12
Sheet Count	n°	100	3		8
Sheet Lenght	mm	240			
Winding Lenght	mt	24,00			
Log Diameter	mm	153			
Roll Height (CUT lenght)	mm	229			
Base Sheet Weight	g/m²	24,0			
Embossed	Y/N	YES			
Laminated	Y/N	YES			
Embossing Technology	Type	DESL			
Embossing Pattern (Top)	Type	Diamonds-S843			
Embossing Pattern (Bottom)	Type	Diamonds-S843			
Print	Y/N	YES			

Fig. 2.2 – “Asciugone Regina”



# REGINA

## KT-REGINA DI CUORI & LOVE

SPECIFICATIONS			FORMATS			
Product	Type	Kitchen Towel	Wrap	By	Bundle	
Plies	n°	3	2		15	
Plies Configuration	Type	2 top - 1 bottom	3		10	
Sheet Count	n°	50	6		3	
Sheet Lenght	mm	255	6		SF	
Winding Lenght	mt	12,75				
Log Diameter	mm	130				
Roll Height (CUT lenght)	mm	229				
Base Sheet Weight	g/m²	19,5				
Embossed	Y/N	YES				
Laminated	Y/N	YES				
Embossing Technology	Type	DESL				
Embossing Pattern (Top)	Type	Regina di Cuori				
Embossing Pattern (Bottom)	Type	Regina di Cuori				
Print	Y/N	YES				

Fig. 2.3 – “Regina di Cuori”



			<h1>REGINA</h1> <h2>TT-ROTOLONI</h2>		
SPECIFICATIONS			FORMATS		
Product	Type	Toilet Tissue	Wrap	By	Bundle
Plies	n°	2	4		SF
Plies Configuration	Type	n/a	4		5
Sheet Count	n°	500	4		9
Sheet Length	mm	122,5	4		15
Winding Length	mt	61,25	6		7
Log Diameter	mm	122	6		10
Roll Height (CUT length)	mm	98	8		SF
Base Sheet Weight	g/m²	16,5	8		3
Embossed	Y/N	NO			
Laminated	Y/N	NO			
Embossing Technology	Type	n/a			
Embossing Pattern (Top)	Type	n/a			
Embossing Pattern (Bottom)	Type	n/a			
Print	Y/N	YES			

Fig. 2.4 – “Rotoloni Regina”

			<h1>REGINA</h1> <h2>HK-DEC &amp; BABY LOONEY TUNES</h2>		
SPECIFICATIONS			FORMATS		
Product	Type	Handkerchiefs	Pack	Wrap	BOX
Plies	n°	4	9	10	24
Plies Configuration	Type	4 in at once	9	15	16
Sheet Count	n°	9	9	15	90
Size (1)	mm	210			
Folded Length	mt	1,89			
Size (2)	mm	210			
Print	Y/N	YES			
Base Sheet Weight	g/m²	15,0			
Embossed	Y/N	YES			
Laminated	Y/N	NO			

Fig. 2.5 – “Fazzoletti Regina Looney Tunes”



			<b>REGINA</b> <b>NAP-I QUADRIFOGLI</b>		
<b>SPECIFICATIONS</b>			<b>FORMATS</b>		
<b>Product</b>	<b>Type</b>	<b>Napkins</b>	<b>Pack</b>	<b>Wrap</b>	<b>BOX</b>
Plies	n°	2	44	1	24
Plies Configuration	Type	2 in at once			
Sheet Count	n°	44			
Size (1)	mm	380			
Folded Length	mt	16,72			
Size (2)	mm	380			
Base Sheet Colour		WHITE			
Base Sheet Weight	g/m <sup>2</sup>	17,0			
Embossed	Y/N	YES			
Laminated	Y/N	NO			
Print	Y/N	NO			

Fig. 2.6 – “Tovaglioli Regina-quadrifogli”

## 2.2 IL “REPARTO PIEGATI” IN SOFFASS

Poiché gran parte del tirocinio si è incentrato sulle attività svolte nel “reparto piegati”, nel seguente paragrafo vengono descritte nel dettaglio le caratteristiche di due linee “tipo” per produzione di Fazzoletti e Piegati.

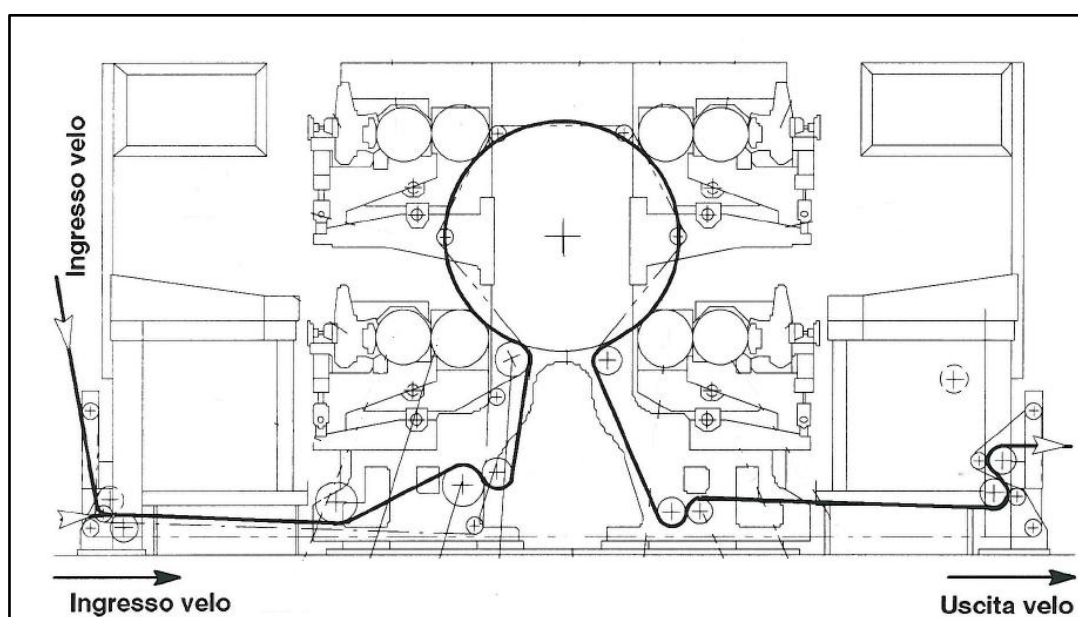
### 2.2.1 Linea di produzione Tovaglioli

La bobina di carta è posizionata nel gruppo iniziale di svolgitura; questo gruppo è costituito da una torretta girevole dotata di due alberi folli porta-bobine.

La carta è svolta tramite una cinghia movimentata da un motore elettrico; il braccio porta cinghia è mosso attraverso un cilindro pneumatico.

E’ possibile variare la pressione tra la cinghia e la bobina agendo sul regolatore di pressione installato sul pannello di comando dello svolgitore. Un rullo ballerino verifica la tensione del nastro carta e la mantiene costante comandando la velocità del motore dell’asse. E’ presente inoltre una guida-nastro che ha il compito di mantenere allineato il nastro di carta.

Qualora sia richiesto (non tutte le linee la presentano), la carta entra nel gruppo stampa (fig.2.7); qui il colore è contenuto all'interno di una camera posta a contatto con il cilindro inchiostrente (anilox); due lamine in acciaio (le racle) hanno la funzione di regolare la quantità di colore depositata sul cilindro anilox e al tempo stesso di trattenerlo, evitando che fuoriesca dalla vasca. Successivamente l'inchiostro è depositato sul cilindro clichè e da questo sul nastro di carta. La stampa è effettuata tramite inchiostri ad acqua e l'alimentazione del colore avviene attraverso pompe pneumatiche a membrana.



**Fig. 2.7 – Stazione stampa nel caso di quadricromia**

Una volta stampata, la carta entra nel gruppo goffratura: la stazione è costituita da una coppia di cilindri in acciaio oppure uno in acciaio e uno di cartalana, mantenuti tra loro in costante pressione.

La funzione dei cilindri è quella di incidere il nastro, tramite opportuni rilievi, in funzione delle esigenze di prodotto; il goffraggio può essere eseguito in due modalità:

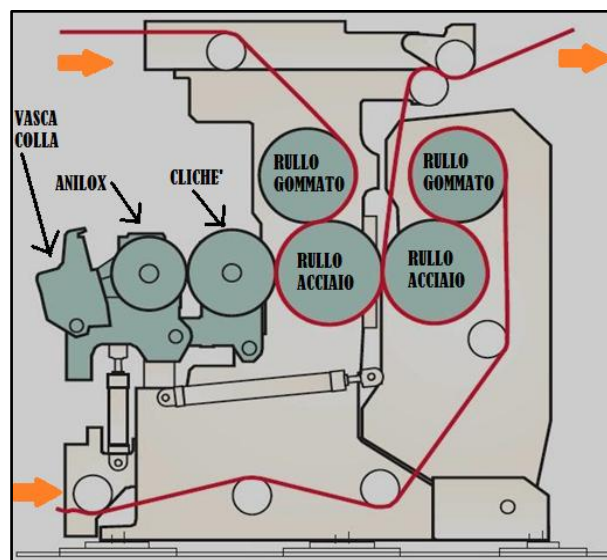
- Goffratura in continuo;
- Incisione a riquadro;

Nella goffratura in continuo viene incisa l'intera superficie del velo, mentre nella goffratura a riquadro viene inciso solamente il bordo di una cornice. In aggiunta a quanto finora detto, nel gruppo goffratura può avvenire anche l'incollaggio dei veli con una modalità del tutto simile a quella già descritta per la stampa.

La struttura del gruppo è schematizzata nella fig.2.8.

Il nastro a questo punto viene tagliato longitudinalmente secondo le esigenze di formato del prodotto finito; il gruppo di taglio longitudinale è composto da una lama circolare, a posizionamento pneumatico, la quale crea quindi due piste di carta che procedono da qui in avanti parallelamente.

Una volta eseguita la divisione, il velo di carta è guidato attraverso delle barre inclinate; sulle superfici delle barre sono presenti dei fori dai quali fuoriesce aria necessaria a ridurre l'attrito di scorrimento.

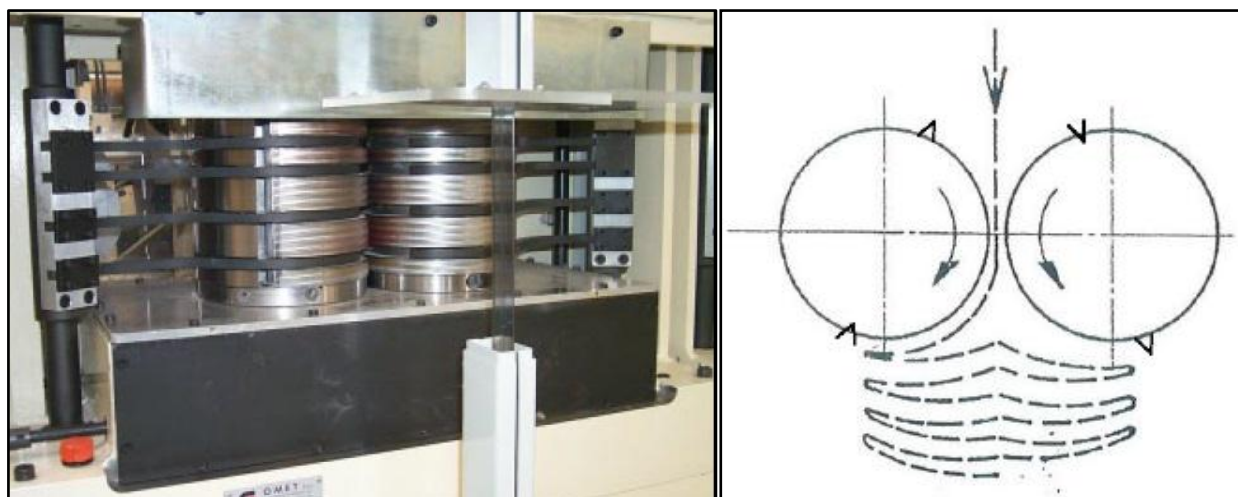


**Fig. 2.8 – Schema del gruppo goffratura del tipo acciaio-acciaio**

Sul gruppo taglio sono presenti delle fotocellule che controllano l'eventuale rottura del nastro di carta e in tal caso la macchina è arrestata in emergenza.

In caso di presenza della goffratura a riquadro, il nastro, prima di essere piegato, deve scorrere attraverso dei rulli fasatori che hanno la funzione di centrare perfettamente il velo rispetto all'asse della successiva piastra piegatrice, cosicché la piega avvenga esattamente a trovarsi a metà dell'incisione.

La carta, dopo essere stata piegata meccanicamente con l'ausilio di piastre, accede alla cosiddetta "testa formatrice" (fig.2.9): la testa presenta una coppia di cilindri al cui interno è inserito un meccanismo di pinzatura il quale in un primo tempo pinza il nastro di carta e lo avvolge sulla superficie del cilindro e successivamente si apre, lasciando libera la carta che a questo punto si presenta piegata a V (vedi figura), pronta ad essere tagliata nel formato finale del tovagliolo, tramite una lama a nastro.

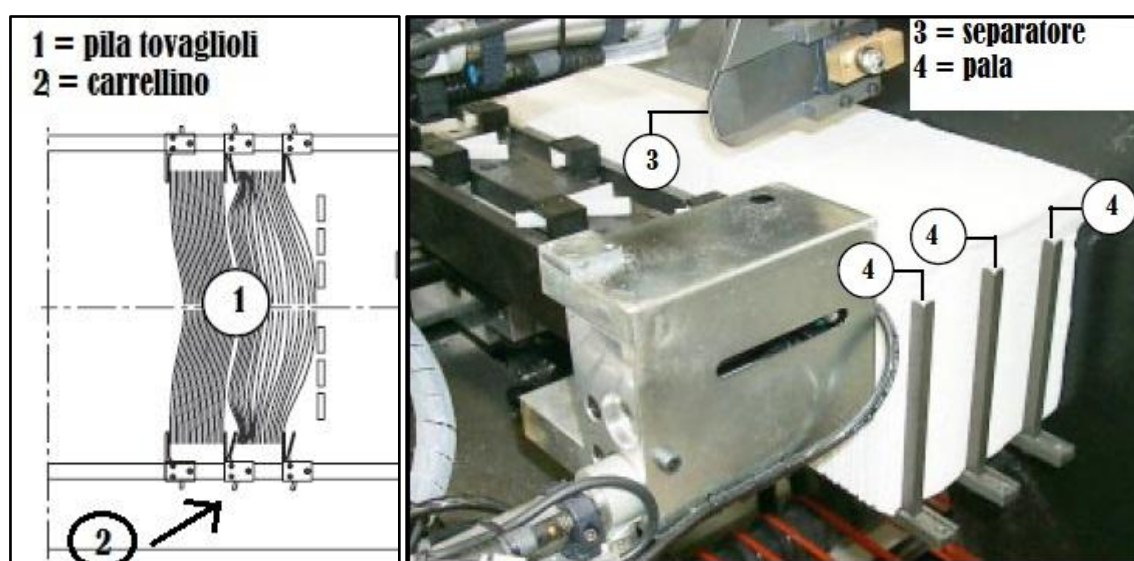


**Fig. 2.9 – Testa formatrice e il suo schema di funzionamento**

La lama a nastro è guidata da due pulegge che la mantengono in costante tensione e un dispositivo di affilatura composto da due mole provvede ad affilarla.

A valle della testa formatrice si presentano dunque quattro linee di tovaglioli che scorrono in avanti tramite ausilio di cinghie (trasferitore automatico); un dispositivo a rotazione intermittente (cricchetto), posto sulla guida laterale del nastro, inserisce un inserto separatore (carrellino) per creare una sequenza di tovaglioli il cui numero dipende dal formato della confezione finale (fig.2.10).

Un “separatore” (fig. 2.10) entra tra una pila e l’altra di tovaglioli e tramite un meccanismo comandato pneumaticamente, spinge il pacco a battuta contro la “pala”, la quale posizionerà la pila su un ulteriore nastro di trasferimento, fino alla confezionatrice.



**Fig 2.10 – Elementi nevralgici del “trasferitore automatico”**

Posizionata dal nastro nel corpo macchina della confezionatrice tramite una battuta meccanica, la pila viene compressa da una piastra fino alla dimensione prevista dal formato della confezione e successivamente spinta in avanti in direzione ortogonale a quella di arrivo (fig. 2.11).

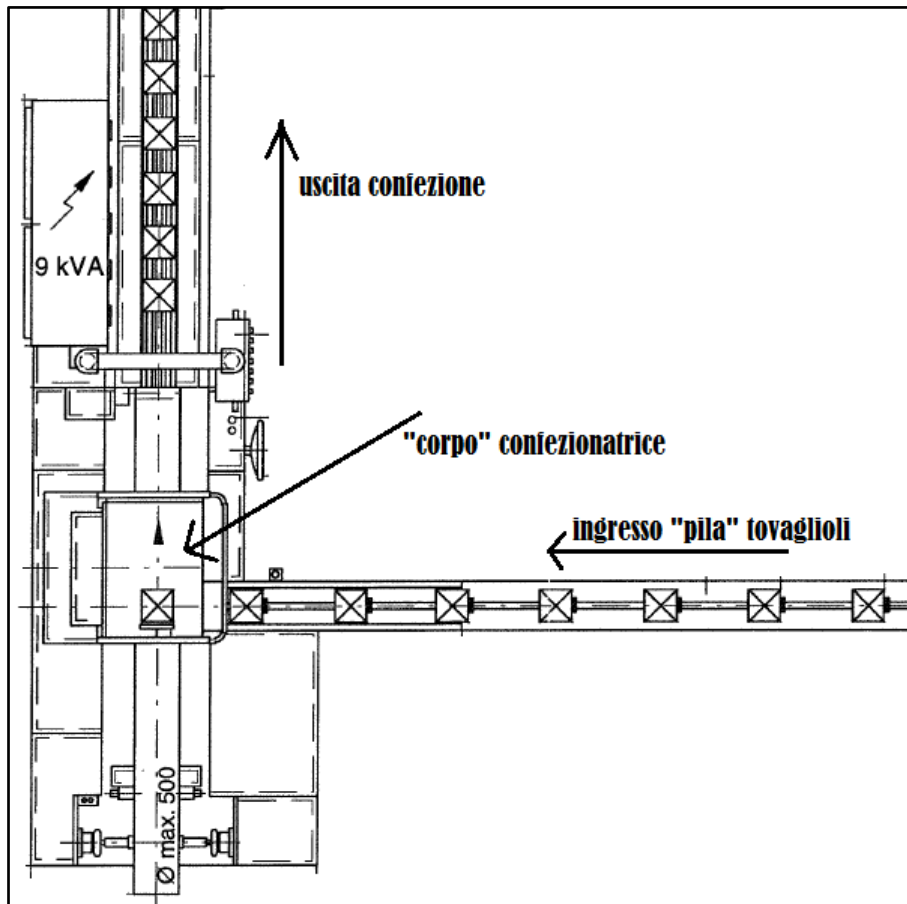


Fig. 2.11 – Planimetria confezionatrice

Nell'avanzamento il pacchetto di tovaglioli incontra il film di polietilene proveniente da una bobina montata su di un asse ad espansione e già tagliata a misura da una coppia di coltelli a lame sottili.

La sequenza con cui il poly si "avvolge" sulla pila creando il prodotto confezionato è bene schematizzata dalla figura 2.12 e può essere sintetizzata nei seguenti steps:

1. Lo spintore porta in avanti la pila di carta; il movimento di quest'ultima porta il film di poly ad "adagiarsi" sui tovaglioli;
2. Il prodotto avanza fino alla "cassetta mobile"; questa, dopo aver ricevuto il pacco, trasla fornendo l'accesso al piegatore inferiore e al saldatore di testa;
3. Le piastre effettuano la saldatura frontale;



4. Terminata la saldatura frontale, la cassetta arretra formando così le pieghe laterali superiori;
5. L'arrivo di un nuovo pacco spinge via il precedente; quest'ultimo nel percorso di uscita dalla macchina incontra i piegatori laterali e le cinghie saldanti che effettuano l'ultima chiusura laterale del pacchetto.

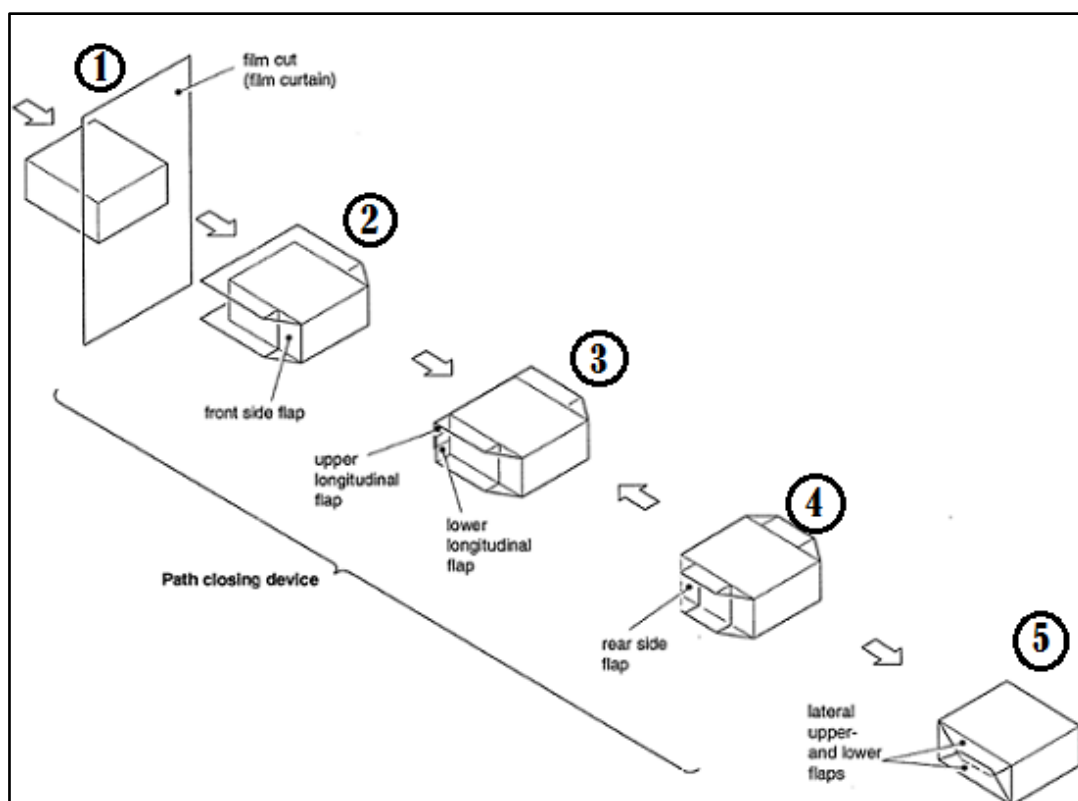


Fig. 2.12 – Sequenza di confezionamento

Le confezioni, spinte dal nastro motorizzato, vengono portate alla scotolatrice, ultima stazione della linea.

Una volta completato l'ingresso dei prodotti nella macchina, secondo il numero desiderato, un micro-contatto dà il consenso ad un piatto elevatore, il quale effettua una corsa verticale portando lo strato dei prodotti a poggiare su due piattelli mobili, per poi ritornare nella posizione di riposo e permettere ad un secondo strato di prodotti di entrare. Questa operazione si ripete fino a che non si è completato il numero di impilamenti previsti, evento che comporta l'attivazione di un piatto spingitore che introduce l'intero fardello nel cartone.

Il cartone, contemporaneamente alla sequenza descritta in precedenza, viene aperto tramite delle ventose, mentre un sediola, tramite una rotazione di 90° verso l'alto, compie la doppia funzione di chiusura dell'ultima piattella della scatola e di sostegno alla stessa.

Quando la scatola è stata riempita, viene movimentata tramite nastri trasportatori lungo i quali incontra i piegatori laterali e un ugello che spruzza una certa quantità di colla a caldo per la chiusura definitiva dei lembi.

Le scatole oramai chiuse vengono poste su un ascensore che conduce ad una rulliera sopraelevata che li porta alla stazione di palettizzazione.

### **2.2.2 Linea di produzione Fazzoletti**

Lo svolgitore possiede due assi di sbobinamento: mentre una bobina di materiale si trova in posizione di lavoro, una seconda può essere montata e portata in posizione di "pronto" al cambio.

All'esaurimento della prima bobina infatti, la macchina rallenta e, tramite un sistema automatico, avviene il "cambio bobina" senza che sia necessaria la fermata della linea; affinché sia possibile tale automatizzazione l'operatore deve "preparare" la seconda bobina, passando il nastro sopra un rullo zigrinato dotato di fori di aspirazione, i quali hanno la funzione di far aderire il velo al cilindro stesso.

Durante il "rallentamento della linea per fine-bobina" una lama dentata taglia il nastro in esaurimento ed il rullo zigrinato con adesivo il velo, si accosta ad uno analogo presente sulla seconda linea di svolgimento: i due nastri, quello finito e quello di sostituzione, vengono così premuti per circa un metro di svolgimento rimanendo attaccati l'uno all'altro.

Dopo lo svolgitore e prima del gruppo stampa, è presente il gruppo calandra: quest'ultimo è costituito da due rulli che comprimono ulteriormente la giuntura effettuata durante il cambio bobina, così da facilitare il "passaggio carta" in tutti gli altri gruppi della linea.

Prima della calandra, in ingresso alla macchina, è presente un terzo cilindro detto di dilatazione trasversale che, grazie alla propria curvatura, stira la carta eliminando le eventuali grinze.

Il gruppo stampa è del tutto simile a quello descritto per una “linea di tovaglioli” con l’unica, eventuale differenza che una delle vasche può contenere non colore ma bensì profumo.

I cilindri goffratori della “linea fazzoletti”, al contrario di quelli presenti sulle linee di tovaglioli, incidono “a riquadro” il tovagliolo con la tecnologia “punta-piatto” e non “punta-punta”; inoltre a contrario di alcune tipologie di tovaglioli, i veli che costituiscono il fazzoletto (solitamente quattro) non sono incollati ma solamente “pressati”.

Le differenze fra le due modalità sono presentate nella figura 2.13.

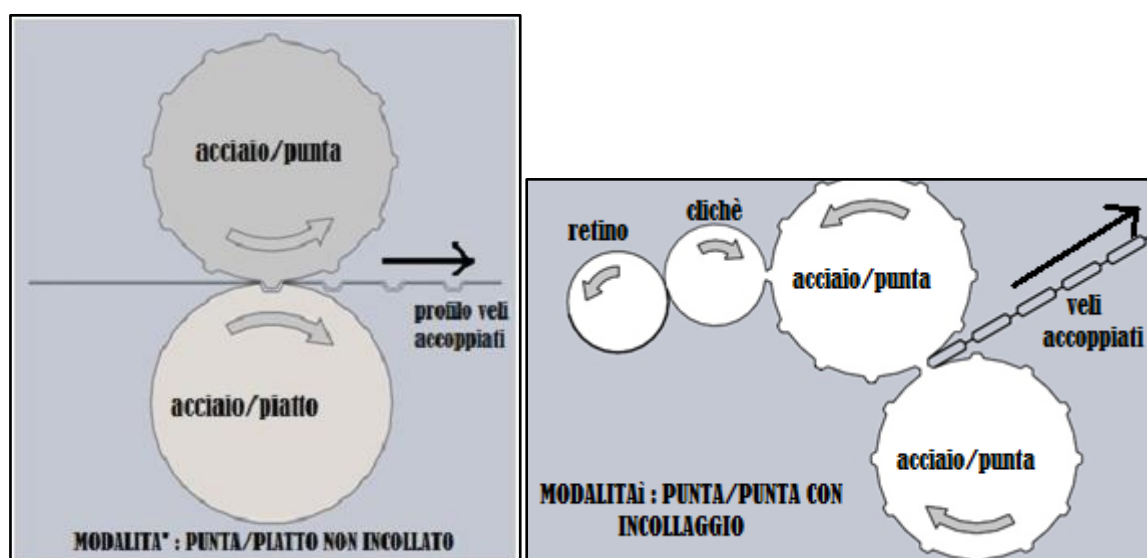


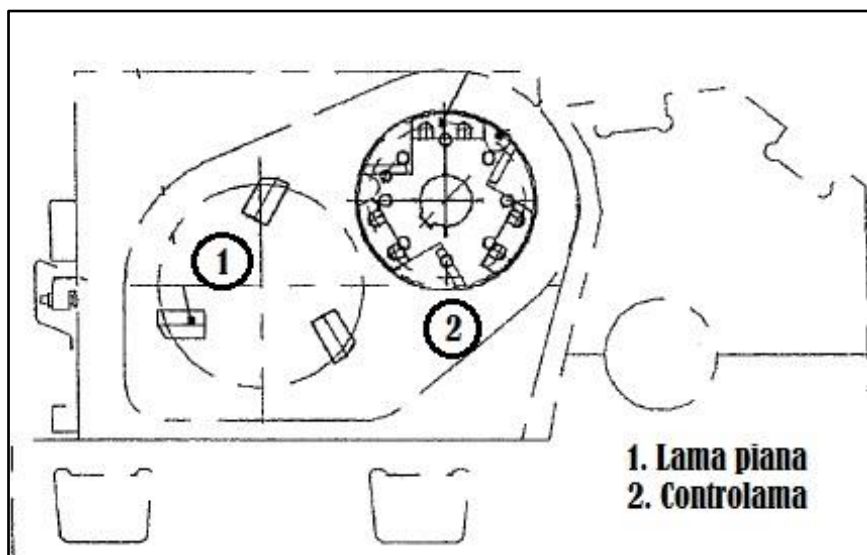
Fig. 2.13 – Punta/Punta vs Punta/Piatto

Dopo essere stata goffrata, la carta passa in una stazione di taglio dove viene tagliata longitudinalmente in nastri singoli mediante taglio a cesoia: esso viene eseguito dalle lame superiori e da quelle inferiori montate su un cilindro portalama di controtaglio; i taglienti delle lame superiori toccano lateralmente i taglienti di quelli inferiori esercitando una leggera pressione sufficiente a dividere i veli di carta.

I singoli nastri ricevono una prima piegatura longitudinale in maniera del tutto simile a quella che avviene per i tovaglioli; una volta piegati le singole strisce di carta devono essere tagliati trasversalmente e questo accade nella stazione di “taglio trasversale” dove il materiale viene diviso sulla lunghezza del prodotto tra le lame a blocco del cilindro di controtaglio e la lama piana del cilindro portalama (fig. 2.14) e quindi mandati al cilindro di piegatura della stazione di “piegatura trasversale”. La presenza di fori di

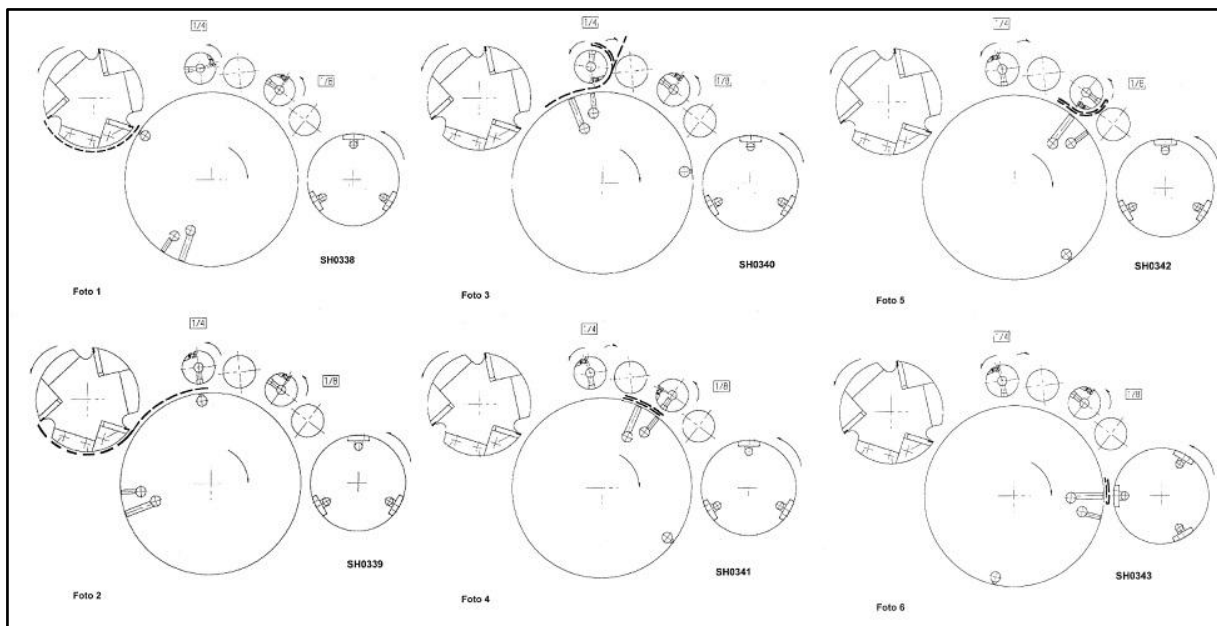


aspirazione sul cilindro di controtaglio permette al fazzoletto oramai tagliato di rimanere adeso allo stesso, senza cadere.



**Fig. 2.14 – Stazione di taglio trasversale**

La piegatura trasversale avviene tramite una successione di rulli controrotanti e conformati con una geometria “ad hoc” per ottenere la forma desiderata; la sequenza completa degli eventi che permette la piega è schematizzata nella fig. 2.15.



**Fig. 2.15 – Stazione di Piegatura Trasversale**

Il fazzoletto rilasciato dal cilindro di controtaglio, entra in contatto con un altro rullo (detto cilindro di prerottura), anch'esso dotato di sistema di aspirazione, che entra in funzione sequenzialmente a quello dell'ultimo cilindro del gruppo di taglio trasversale.

Il cilindro di prerottura trattiene il fazzoletto fino a quando quest'ultimo non viene aspirato da un analogo "impianto di vuoto" presente su un cilindro più piccolo nelle dimensioni, posto superiormente e controrotante rispetto al primo. Qui la carta riceve la prima piega longitudinale, per poi essere nuovamente trascinato dal cilindro centrale ed essere piegato una seconda volta con modalità identica.

I fazzoletti sono depositati, tramite nastro, su una "rosetta": è un cilindro che presenta delle cavità sulla periferia necessarie ad accogliere i fazzoletti; il numero di cavità è pari al numero di fazzoletti presenti nel singolo pacchetto finale.

La rosetta svolge il compito di ricevere i fazzoletti singolarmente e, una volta rilasciati, di impilarli in numero pari a quello richiesto dal formato del prodotto (fig. 2.16).

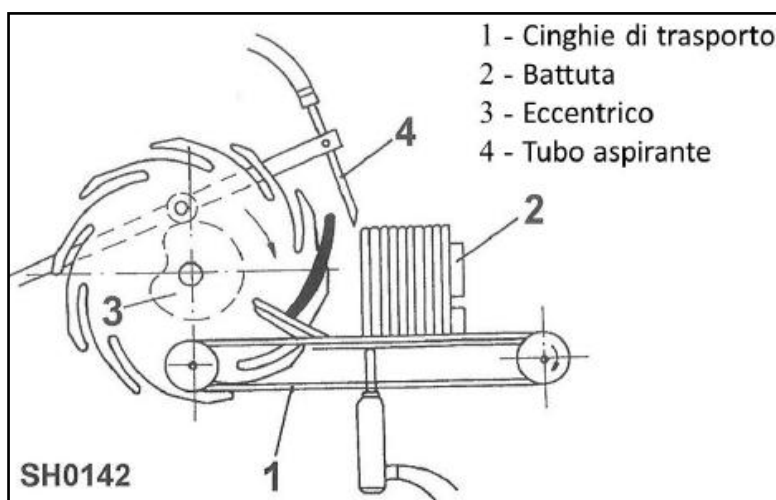


Fig. 2.16 – Rosetta

Quando la pila che formerà un pacchetto è ultimata, mentre la rosetta sta trascinando il primo fazzoletto della confezione successiva, un braccetto meccanico spinge la pila verso delle cinghie motorizzate; nei medesimi istanti, per avere la certezza che la rosetta non impili nel pacchetto ulteriori fazzoletti non desiderati, si aziona un ugello che crea una sorta di schermatura ad aria, impedendo a qualsiasi fazzoletto in uscita dalla rosetta di avanzare. Le pile di fazzoletti sono trascinate fino al gruppo denominato "ruota a celle" (fig.2.17) la cui funzione è quella di creare il pacchetto.

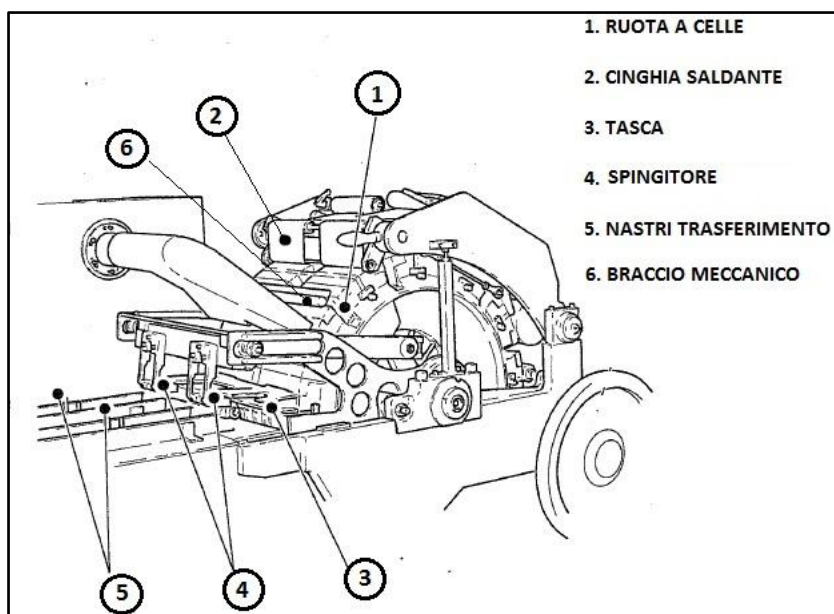


Fig. 2.17 – Ruota a celle

La ruota a celle può essere schematizzata come una ruota dentata con denti a profilo dritto; la cavità fra due denti prende il nome di tasca e serve a contenere il poly della confezione e il pacchetto di fazzoletti in arrivo.

Il poly, precedentemente tagliato a misura tramite un sistema di coltelli e controcoltelli, viene tenuto solidale alla ruota mediante fori di aspirazione; la pila di fazzoletti viene spinta nella tasca portandosi dietro il foglio di polietilene e un braccio meccanico porta alla piegatura dei lembi laterali, i quali vengono saldati tramite delle cinghie riscaldate che si avvolgono parzialmente intorno alla ruota a celle. Una ulteriore serie di cinghie saldanti provvede alla chiusura dei lembi inferiore e superiore (fig. 2.18).

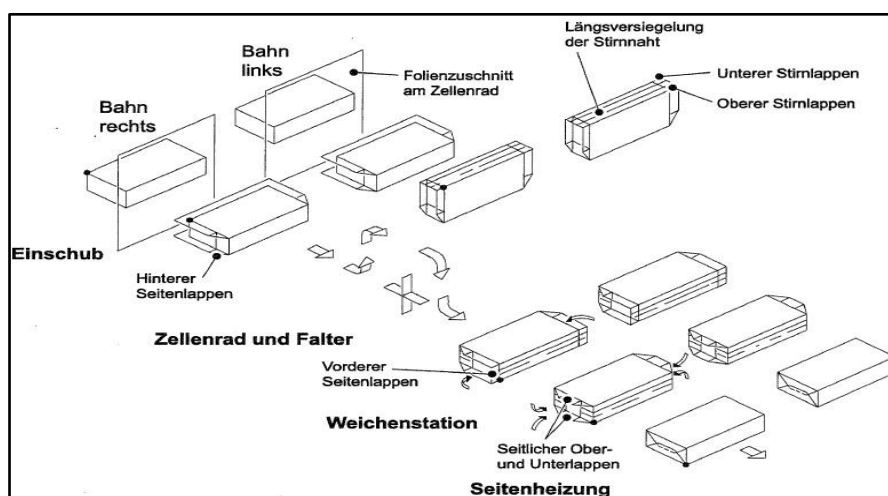
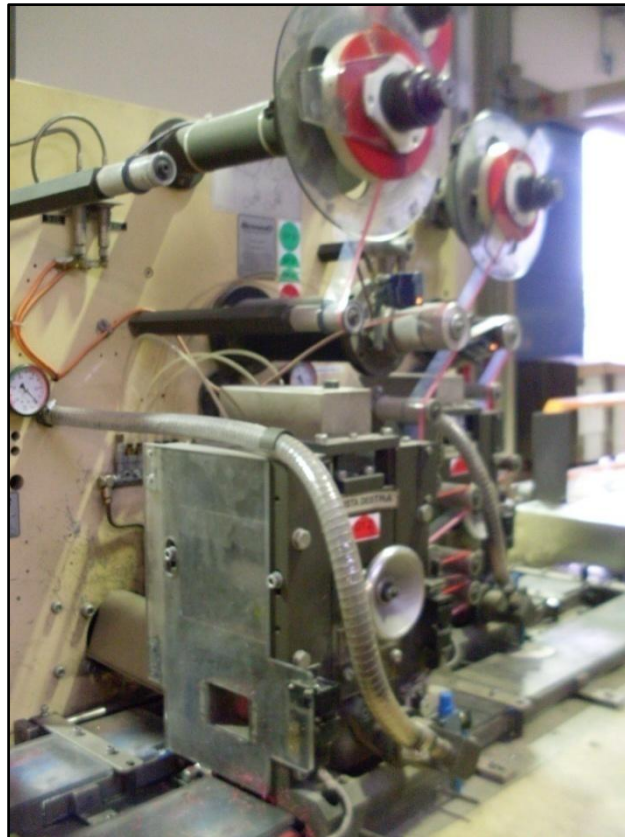


Fig. 2.18 – Sequenza impacchettamento con Ruota a celle

Prima di essere confezionato ed inscatolato nei formati desiderati, con modalità del tutto analoghe a quelle già descritte per i tovaglioli, il pacchetto passa attraverso una etichettatrice (fig.2.19) che provvede ad attaccare una foglia di nastro adesivo nel punto esatto dove il poly era stato precedentemente inciso nella ruota a celle e che sarà la zona di apertura del prodotto una volta venduto.



**Fig. 2.19 – Etichettatrice**

## Cap.3 – “TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE”

### 3.1 CENNI STORICI E INTRODUZIONE AL TPM

Nell'odierno scenario industriale grandi perdite di produttività possono accadere negli impianti di produzione; tali sprechi di tempo sono causati da errate azioni degli operatori così come da guasti o da mancanza del materiale necessario.

Altre forme di inefficienza produttiva sono le micro fermate, la mancanza di fonti di energia (e.g. distacco della corrente), i rifili e le non conformità del prodotto finito; alle fonti di spreco citate devono essere aggiunte anche le inefficienze che accadono a macchina in marcia come la riduzione della velocità rispetto a quella nominale o transitori di avviamento troppo lunghi.

In questo scenario e nel desiderio di avere un rendimento di produzione pressoché unitario si staglia il TPM.

TPM è un innovativo metodo di manutenzione impianto che ha avuto il merito di non considerare più come unica figura centrale dell'attività il tecnico manutentore ma di affiancare ad esso anche le figure degli operatori.

Generalmente un programma di TPM può essere riassunto in cinque punti esplicativi qui di seguito presentati:

1. Mira al raggiungimento dell'impiego più efficace ed efficiente degli impianti;
2. Instaura un sistema di prevenzione dei guasti mediante un'attività programmata di controllo e ispezione;
3. Genera figure professionali integrate;
4. Persegue l'obiettivo “zero perdite” attraverso l'analisi ed eliminazione delle cause che le generano;
5. Richiede il supporto e la collaborazione di tutte le figure aziendali.

L'origine del metodo risale al 1951 quando la “Nippon-Denso” introdusse nella propria azienda la “manutenzione preventiva”: Essa consiste nell'individuazione dei componenti critici di un macchinario e, secondo uno scadenziario, nella loro sostituzione.

In tale tipo di mantenimento gli operatori sono dediti solamente alla produzione mentre le attività sulla macchina vengono gestite da personale tecnico; con lo sviluppo sempre

più impellente dell'automazione, la manutenzione nella "Nippon-Denso" era divenuta un problema e sempre più personale specializzato era necessario.

A questo punto fu deciso che sarebbero dovuti essere gli stessi operatori ad effettuare la manutenzione ordinaria delle attrezzature; negli anni questo tipo di attività prese il nome di "Manutenzione Autonoma", ad oggi uno dei pilastri del metodo TPM.

La Nippon-Denso quindi, formò un personale, non solo di tecnici, con elevato know-how della macchina e in contemporanea "il gruppo manutenzione", sollevato dalle attività ordinarie, si concentrò su modifiche nelle attrezzature così da migliorarne l'affidabilità e queste furono implementate con gli opportuni accorgimenti a tutte le macchine (la manutenzione migliorativa).

Questo crescente coinvolgimento di tutte le figure aziendali nelle attività di "salvaguardia delle macchine" così come l'adozione di molteplici tipologie di manutenzione, al di là di quella classica a "a guasto", creò il concetto e il metodo della "Manutenzione Produttiva Totale".

### **3.2 LE 6 GRANDI PERDITE DI IMPIANTO**

Come accennato nel precedente paragrafo l'obiettivo del TPM è ridurre il più possibile gli sprechi e le inefficienze produttive, utopicamente tali perdite dovrebbero addirittura essere nulle e l'analisi può essere focalizzata su un singolo macchinario come sulla intera linea produttiva.

Prima di potere "risolvere" le inefficienze è necessario innanzitutto individuarle.

Le grandi perdite di impianto possono essere così riassunte:

1. Perdite per **guasti**;
2. Perdite per **attrezzaggi e regolazioni (setup)**;
3. Perdite per **micro fermate**;
4. Perdite per **riduzione di velocità**;
5. Perdite per **difetti di qualità**;
6. Perdite di **resa all'avviamento**.

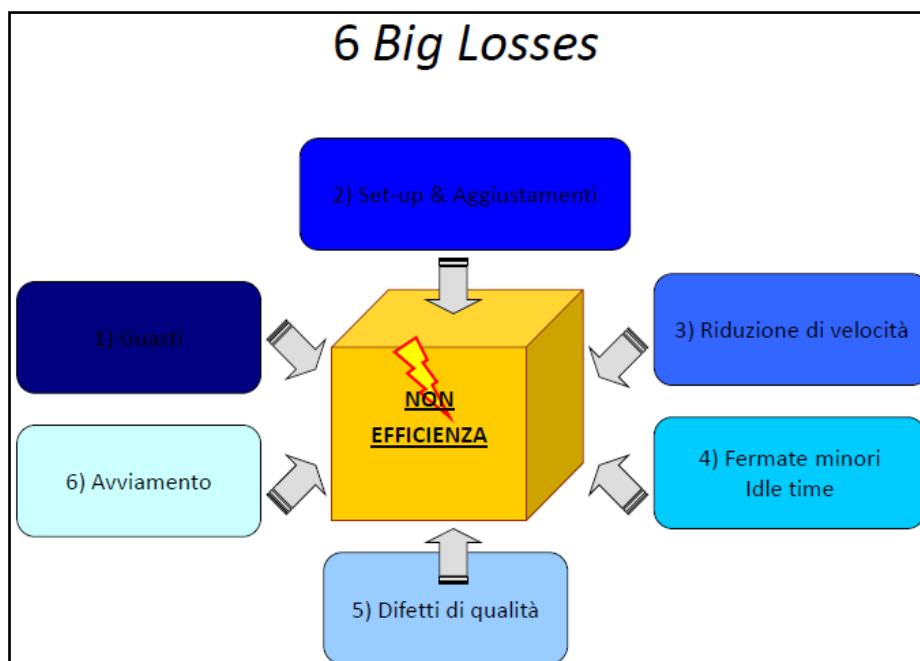


Fig. 3.1 – Le sei grandi perdite di impianto

Le perdite per guasti non devono essere considerate come una caratteristica della macchina ma molte volte sono causate da un uso errato della stessa e quindi possono essere abbattute o quantomeno contenute.

Lo scenario produttivo attuale prevede una elevata differenziazione dei prodotti e la produzione di lotti di piccole dimensioni, che determinano più volte a settimana, o anche più volte al giorno, cambi di tipologia di prodotti. Cambiando la tipologia di prodotti bisogna sostituire anche gli utensili, le attrezzature e tutti quegli strumenti necessari alla produzione. Il tempo perso per il cambio degli utensili e dei materiali costituisce la perdita per attrezzaggio mentre il tempo per la messa a punto, fino al raggiungimento di prodotti della qualità richiesta, costituisce la perdita per regolazioni.

A causa della forte automazione subita dagli impianti capita spesso che si verifichino delle brevi e frequenti fermate (micro fermate) ma trattandosi di piccoli inconvenienti sistemabili anche dall' addetto di produzione, senza richiedere l'intervento del personale di manutenzione, queste vengono talvolta trascurate e sottovalutate.

Tuttavia se si esaminano da vicino le perdite subite, ci si accorge che queste fermate minori causano sorprendentemente delle grosse perdite di efficienza degli impianti interessati.

Altra perdita spesso sottovalutata è quella detta “perdita per riduzione di velocità” che si verifica quando ad una determinata velocità della macchina si ottiene una precisione inferiore nelle lavorazioni o una non conformità dei prodotti e quindi l’operatore è costretto a diminuire la cadenza produttiva.

Sempre rimanendo nella produzione non conforme si verifica frequentemente che durante la produzione ci si accorge del fatto che i pezzi non sono conformi alle specifiche.

Questo genere di spreco prende il nome di “perdita per difetto e per riparazione”.

E’ inoltre normale che in alcune stagioni dell’anno gli impianti impieghino molto tempo per raggiungere le condizioni di regime perché ad esempio la temperatura dell’olio non si alza. Tali perdite sono le quelle di resa all’avviamento.

### **3.3 OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS**

Noto il metodo e descritte le più gravose perdite di impianto, non resta che chiedersi: “Come quantificare la resa della macchina o altresì le sue inefficienze? In che modo posso individuare le “fonti” delle perdite?”.

Per rispondere a questa domanda si ricorre allo OEE (Overall Equipment Effectiveness), strumento che nella pratica si sintetizza con un numero il quale mette in evidenza le “capacità produttive” inesprese e la cui analisi è il punto di partenza per ogni attività intrapresa dal TPM.

Considerare lo OEE come una misura di quanto bene sia fatta la manutenzione non è del tutto corretto poiché il parametro è influenzato non solo da quest’ultima ma da molti altri fattori che vanno dalla progettazione al modo con cui la macchina viene attrezzata.

Lo OEE si sintetizza nella seguente formula:

$$\text{OEE} = \text{disponibilità} \cdot \text{performance} \cdot \text{qualità}$$

- **Disponibilità:** è il rapporto fra il tempo in cui la macchina è effettivamente in funzionamento e quello in cui dovrebbe esserlo;
- **Performance:** definisce quanto la macchina riesce a produrre nel tempo in cui è in marcia;



- **Qualità:** è il rapporto fra i prodotti che possono essere definiti conformi (non vengono scartati né rilavorati) e quelli totalmente prodotti.

Dal punto di vista matematico le tre voci possono essere così schematizzate:

- $\text{Disponibilita'} = \frac{\text{Tempo disponibile netto}}{\text{Tempo disponibile totale}} ;$
- $\text{Performance} = \frac{(\text{Pz.prodotti}) \cdot (\text{Tempo ciclo})}{(\text{Tempo disponibile netto})} ;$
- $\text{Qualita'} = \frac{(\text{Pz.prodotti} - \text{Pz.rigettati})}{\text{Pz.prodotti}} .$

La fig. 3.2 esplica il significato delle formule appena scritte.

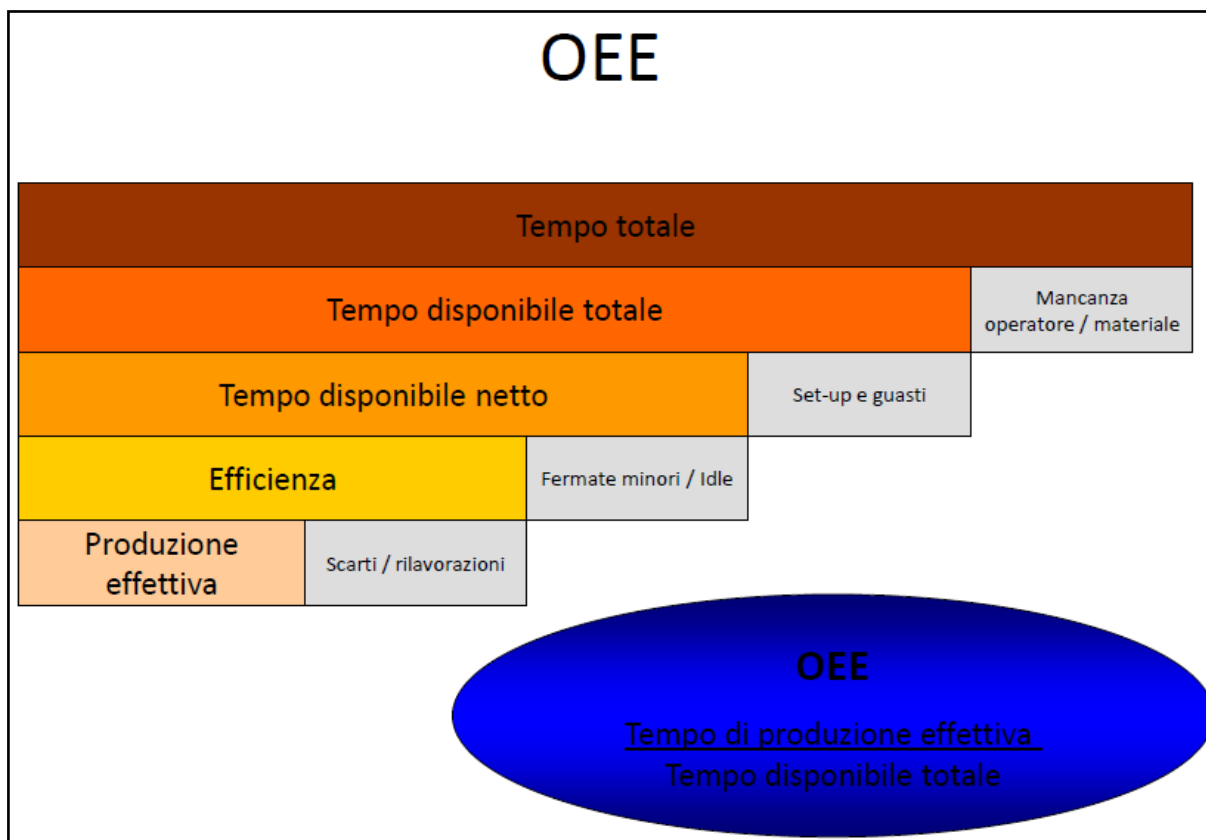


Fig. 3.2 – OEE

La potenza di questo strumento risiede nel fatto che in maniera sintetica mette in luce:

- Quali sono le perdite più onerose;
- In quale parte della macchina/linea risiedono tali inefficienze;
- Su quali attività iniziare ad agire o quali parti andare a ritoccare per avere i maggiori benefici in termini di produttività.

### 3.4 ANALISI OEE IN “SOFFASS S.p.a”

Come già accennato con l'introduzione dello OEE è possibile condurre una analisi approfondita sulle cause che degradano l'efficienza produttiva.

Nel caso dello stabilimento Soffass questa indagine avviene per livelli così da poter passare da una visione globale ad una in grado di individuare dettagliatamente tutti i problemi.

Ad ogni livello è associato un istogramma e ogni rettangolo del grafico è suddiviso in settori di diverso colore associabile ad una ben precisa tipologia di perdita (fig.3.3).

DISPONIBILITA' NON UTILIZZATA	IMPOSTAZIONE STABILIMENTO	DS	Tempo di mancato utilizzo della linea, in accordo con l'impostazione di funzionamento dello stabilimento, escludendo il piano ferie degli operatori.
	TAGLI DI PROGRAMMAZIONE	PR	Tempo pianificato come produttivo, ma che non è utilizzato a causa di un allungamento della domanda di mercato differente da quello atteso.
	ASSEMBLEE SINDACALI	UM	Tempo di mancato utilizzo della linea per assemblee sindacali.
ZONA GRIGIA	PERDITE NON DICHIARATE	UL	Fermi linea tracciati dal sistema informatico sulla ribobinatrice, ma non giustificati dagli operatori.
PERDITE ORGANIZZATIVE	SCIOPERO	ST	Tempo di fermo linea per scioperi.
	MANCANZA MATERIALI	MS	Tempo di fermo linea per materiali in alimentazione mancanti oppure bobine non idonee alla produzione programmata.
	MANCANZA PERSONALE	PS	Fermi linea dovuti all'assenza imprevista degli operatori (malattia, infortunio). Rientra tra le cause anche la formazione, se comporta il taglio di un tempo pianificato come produttivo.
SET UP	CAMBIO IMPOSTAZIONE LINEA	LS	Tempo di fermo linea per passaggio a differente impostazione dedicata alla tipologia di prodotto (carta igienica o asciugabido).
	SETUP SU TURNO APERTO	SUos	Tempo di setup (comprensivo di avviamento) relativo a qualunque parte della linea che comporti un fermo della ribobinatrice in turno aperto.
PERDITE TECNICHE	FERMATA SETTIMANALE PULIZIA E MANUTENZIONE	WM	Attività prevista negli standard di pulizia e manutenzione.
	MANUTENZIONE PROGRAMMATA	SM	Attività previste di manutenzione con intervento di manutentori.
	PULIZIA IMPIANTO DEL TURNO	SC	Attività di pulizia a inizio o fine del turno, comprensive di impianto, decoro, ausiliari, previste negli standard di pulizia, variabile in funzione delle caratteristiche del prodotto.
	PROVE TECNICHE	TT	Tempo di fermo linea per prove tecniche dovute a campianature, macchine o parti di esse.
	MANCANZA ENERGIA ELETTRICA	PF	Tempo di fermo linea per mancanza di energia elettrica dovuta a qualunque causa, sia esterna che interna.
	GUASTI	GD	Fermi linea dovuti a guasti verificatisi su qualunque parte della linea che comportino un fermo della ribobinatrice.
	MICROFERMATE / PICCOLI INTERVENTI	Ssmall	Fermi linea dovuti a piccoli interventi manutentivi (piccoli guasti, sostituzione utensili usurati) ed anomalie di processo (ad es. materiale inceppato) che comportino un fermo della ribobinatrice.
	CAMBIO MATERIALI ACCESSORI IN LINEA	LC	Tempo di sostituzione palyo fascetta in carta che comporti un fermo della ribobinatrice. La sostituzione in tempo mascherato, cioè senza fermo della ribobinatrice, non rientra in questo computo.
	CAMBIO BOBINA	RC	Tempo di sostituzione bobina che comporti un fermo della ribobinatrice. La sostituzione bobina in tempo mascherato, cioè senza fermo della ribobinatrice, non rientra in questo computo.
	$\Delta$ VELOCITA' V1-V2	$\Delta V_{tec}$	Differenza fra il tempo totale di lavoro a V1 (velocità massima del prodotto sulla ribobinatrice) e V2 (velocità massima del prodotto sulla linea, tenendo conto di eventuali colli di bottiglia).
	$\Delta$ VELOCITA' V2-Veff	$\Delta V_{act}$	Differenza fra il tempo totale di lavoro a V2 (velocità massima del prodotto sulla linea, tenendo conto di eventuali colli di bottiglia) ed a Veff (velocità effettiva) a consuntivo.
OEE	OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS	OEE	Tempo totale di lavoro a V1 calcolato come (metri linea/logico x n° loggicoll x coll. prodotti)/V1

Fig. 3.3 – Tipologie di perdite per il calcolo OEE

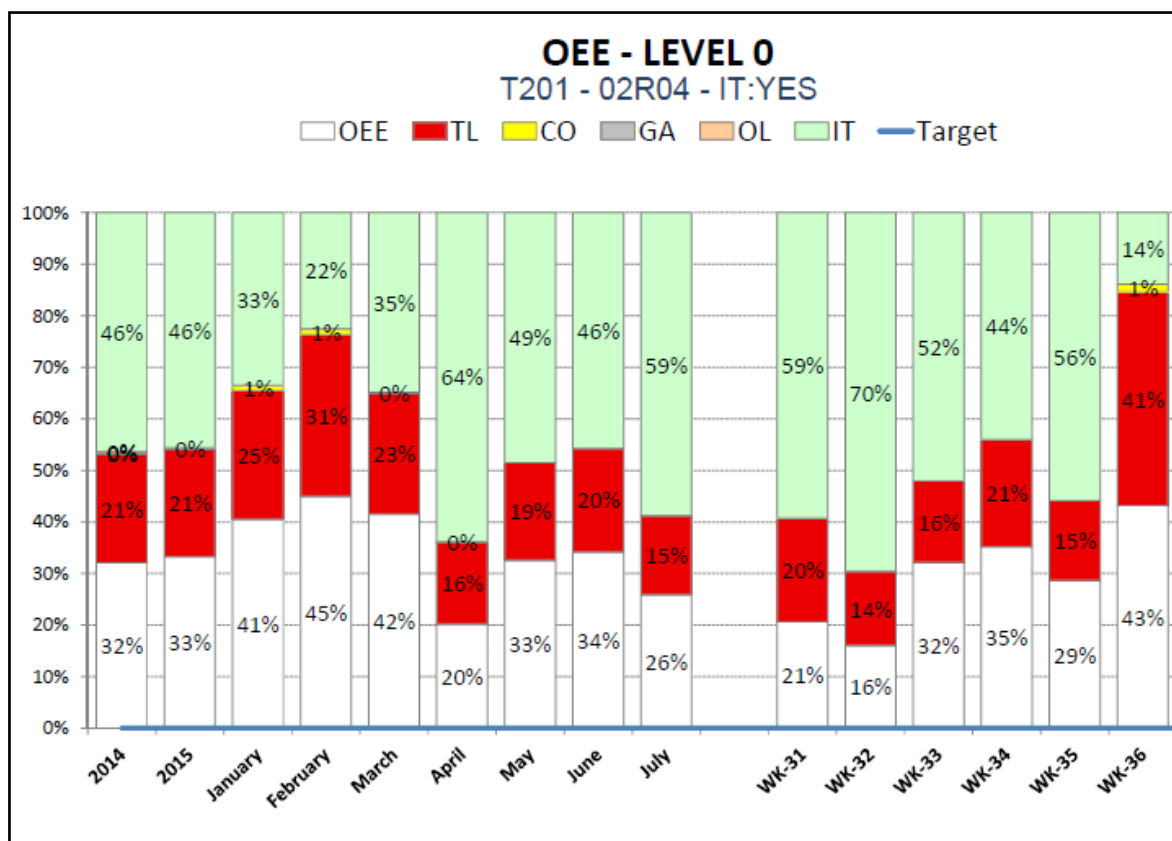


Fig. 3.4 – OEE – level 0

Il livello 0 dà una visione globale dell'utilizzo della linea ed evidenzia la disponibilità non utilizzata (quota parte in verde); questa parte è di diretta competenza del Plant Manager che potrà così modificare eventualmente la programmazione, decidendo o meno di aumentare i turni di lavoro su quella specifica macchina, a seconda delle esigenze di mercato.

Il restante splittaggio delle perdite viene gestito automaticamente dal *Portale informatico di Supervisione*.

A bordo di ogni linea infatti, l'operatore trova a propria disposizione un computer grazie al quale può giustificare tutte le fermate della linea: a seconda della scelta, il sistema aggiornerà la quota parte di perdita associata ad ogni singolo colore.

Per facilitare l'utilizzo, il sistema presenta una serie di giustificativi standard che devono essere semplicemente barrati tramite menù a tendina. Ne riportiamo l'elenco:

- Problemi qualità materiali;
- Cambio materiali accessori;
- Cambio bobina carta;

- Cambio di produzione;
- Prove tecniche;
- Pulizia;
- Mancanza elettricità gestore rete;
- Mancanza personale;
- Mancanza di materiali;
- Turno non lavorativo feriale/festivo.

A seconda della motivazione scelta l'operatore deve selezionare anche il gruppo macchina che ha causato la fermata, piuttosto che i materiali le cui eventuali non conformità hanno comportato l'arresto (e.g. strappo non segnalato nella bobina di carta).

Il livello 1 dell'analisi OEE evidenzia quali sono le 5 cause di perdita produttività più gravose della linea (sono quelle già descritte nel par.3.2).

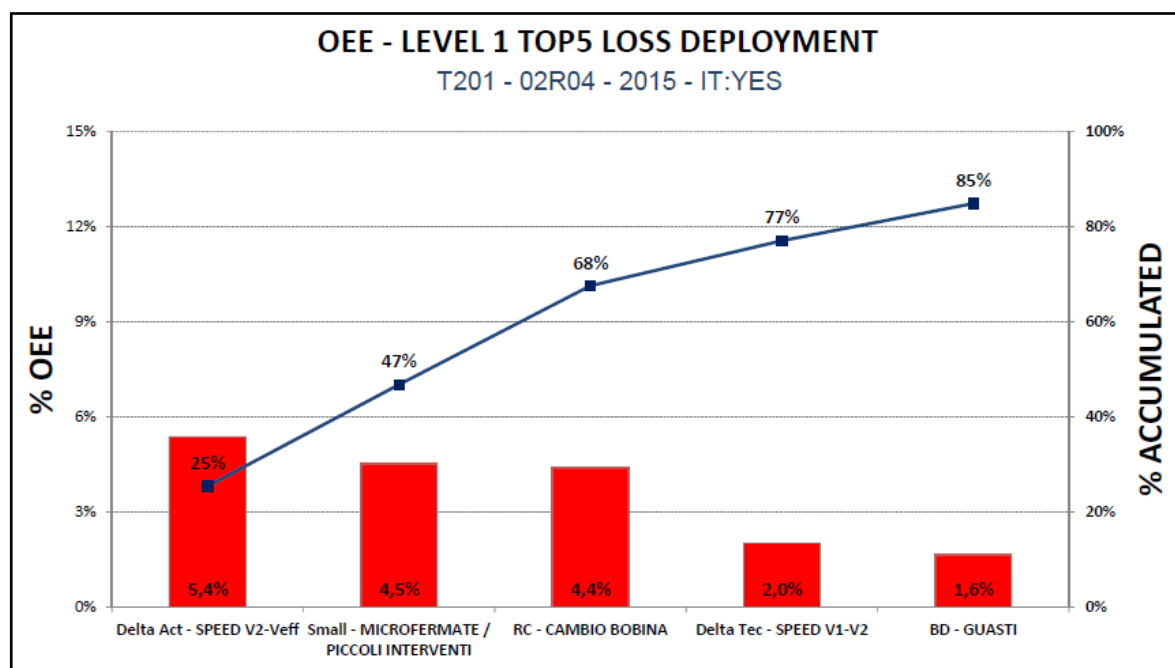


Fig. 3.5 – OEE – level 1

Il livello 2 di analisi è, nella maggior parte dei casi, il dettaglio necessario per individuare le cause radice delle perdite e le relative azioni di miglioramento: ognuna delle cinque perdite delineate a livello 1 viene a sua volta suddivisa nelle cause o gruppi macchina che più frequentemente l'hanno causata.

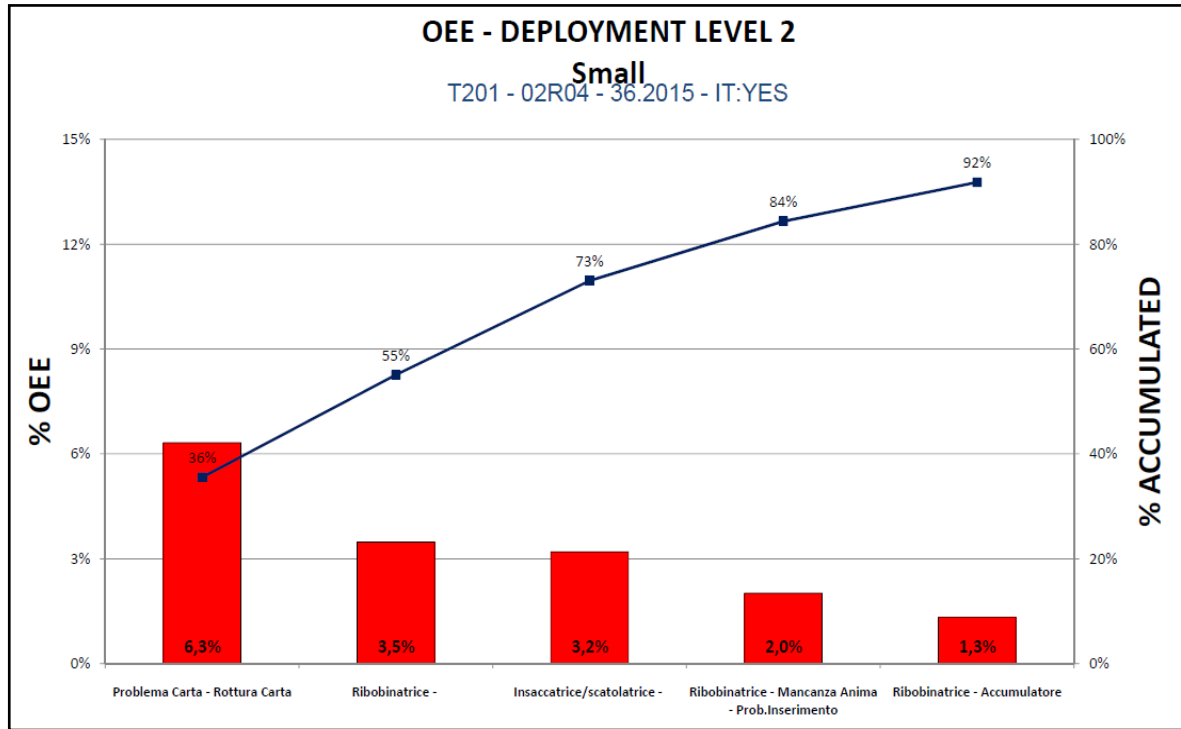


Fig. 3.6 – OEE – level 2

### 3.5 LE POLITICHE MANUTENTIVE GESTITE DAL TPM

La TPM comprende tutte le attività rivolte alla gestione della manutenzione e decide quale delle politiche manutentive è la più idonea nel caso in esame.

I piani comunemente adottati possono essere classificati in quattro grandi categorie:

- Manutenzione a guasto;
- Manutenzione preventiva;
- Manutenzione autonoma;
- Manutenzione migliorativa.

I motivi che spingono verso l'uno o verso l'altro sono di natura tecnologica (per aumentare l'affidabilità delle macchine) o di natura economica (confronto fra i costi derivanti un eventuale guasto e quelle annesi alla specifica azione manutentiva).

### **3.5.1 Manutenzione a guasto**

Una politica di manutenzione a guasto prevede che la macchina venga mantenuta in esercizio fintanto che il manifestarsi di un guasto o il progredire del degrado imponga l'arresto della macchina. Il necessario intervento ha quindi l'obiettivo di riparare la macchina e ripristinare le condizioni iniziali nel minor tempo possibile.

Nella situazione odierna la manutenzione correttiva rimane di grande attualità poiché non è tecnicamente possibile annullare tutti i guasti.

L'obiettivo della manutenzione produttiva, in una ottica Lean, è ovviamente quello di ridurre l'incidenza, migliorando l'efficacia delle altre tipologie di manutenzione poc'anzi citate.

Questa tipologia manutentiva è caratterizzata da un costo contenuto in quanto si interviene solamente a seguito del guasto; viceversa impone un immobilizzo non indifferente di capitali per i magazzini, in quanto i ricambi devono essere immediatamente disponibili onde evitare lunghe fermate produttive.

Da quanto appena espresso si intuisce che la scelta di tale politica risulta efficace se applicata su macchinari o parti non critiche per la produzione e quando l'eventuale guasto non inficia sulla sicurezza dell'uomo o dell'ambiente.

### **3.5.2 Manutenzione preventiva**

La manutenzione preventiva si suddivide in due macro sottogruppi:

- Manutenzione preventiva programmata;
- Manutenzione preventiva su condizione:

La manutenzione preventiva programmata è caratterizzata da interventi effettuati periodicamente. L'obiettivo principale è quello di evitare per quanto possibile l'insorgenza del guasto e preservare in buone condizioni gli impianti durante la loro vita operativa; in maniera sintetica consiste in revisione e/o sostituzione in tempi prefissati di alcuni elementi della macchina.

La manutenzione preventiva programmata può essere caratterizzata da costi piuttosto elevati in quanto, intervenendo in largo anticipo sul guasto, se si sostituiscono componenti relativamente nuovi o si effettuano operazioni che potrebbero essere

rimandate in tempi successivi, oltre a non sfruttare a pieno le potenzialità della macchina, si corre il rischio di impiegare risorse, sia economiche che umane, in attività non indispensabili; d'altra parte questo approccio garantisce magazzini ricambi più snelli in quanto l'ordine del ricambio può essere fatto sulla base del piano manutenzione, garantendo la disponibilità delle parti quando necessarie.

Per manutenzione sotto condizione si intende una manutenzione preventiva subordinata ad un certo avvenimento predeterminato; questo tipo di attività ha preso campo in seguito alla constatazione che lo smontaggio ed il rimontaggio di alcune attrezzature, nel corso delle visite sistematiche, provocano un rischio di guasto, oltre che a maggiori costi.

L'obiettivo principale di questo tipo di manutenzione è quello di evitare interventi inutili (tipici della manutenzione programmata), ma allo stesso tempo di evitare interventi di urgenza (tipici della manutenzione a guasto); tale metodologia è imperniata sull'idea che il guasto di un sistema complesso (macchina o impianto) costituisce il punto terminale di un percorso di vita segnato da un degrado progressivo, quantificabile il più delle volte attraverso la misurazione strumentale dei segnali deboli emessi dalla macchina.

Se esiste una funzione di tipo deterministico tra il valore di un segnale e la vita residua di un componente, è possibile valutare il tempo residuo prima del guasto e quindi stabilire la data dell'intervento.

Qualora tale correlazione non fosse presente, si assume come riferimento, per avviare l'intervento, una indicazione di soglia.

Il monitoraggio dei segnali deboli di anomalie del componente/macchina può avvenire attraverso:

- Monitoraggio delle vibrazioni;
- Monitoraggio delle temperature,
- Monitoraggio dello stato degli olii;

### **3.5.3 Manutenzione autonoma**

La manutenzione autonoma è una metodologia che si sta diffondendo negli ultimi anni di pari passo con l'affermarsi in molte realtà industriali del modello della TPM (Total Productive Maintenance). Il presupposto fondamentale su cui si basa tale approccio alla manutenzione è il fatto che chi vive la realtà della produzione conosce la complessità dei processi che servono a ottenere prodotti eccellenti meglio di chiunque altro ed è consapevole delle difettosità, dei guasti, e dei fermi a cui è soggetta la macchina su cui quotidianamente lavora.

Spesso però gli stessi operatori non sono sufficientemente motivati a scoprire, prevenire, riportare gli inconvenienti di macchine e impianti. Non si sentono abbastanza preparati dal punto di vista tecnico e tendono a subire piuttosto che a dominare i fenomeni quotidiani che si verificano nei reparti di produzione.

Per far fronte a queste problematiche occorre formare operatori di produzione esperti di impianti, capaci, se insorgono problemi relativi agli impianti nel proprio reparto, di fronteggiare l'emergenza e ripristinare il più velocemente possibile la produzione. Affinché ciò sia possibile occorre la volontà della leadership di:

- formare operatori che siano esperti di impianti e macchinari, capaci di scoprire le anomalie, risolverle e ripristinare le normali condizioni di funzionamento;
- far comprendere l'importanza delle pulizie come mezzo di ispezione e di prevenzione delle anomalie dei macchinari;
- dare indicazioni per realizzare migliorare impianti e attrezzature;
- gestire il problema della lubrificazione in fabbrica;
- stimolare l'attività di gruppi di miglioramento e la loro formazione.

Similmente occorrerà riconsiderare il rapporto tra i temi di crescita professionale, sia in termini di capacità di ispezione e diagnostica che di capacità tecniche, e gli attuali criteri di organizzazione del lavoro operaio, che sanciscono attualmente una netta divisione e parcellizzazione dei compiti tra gli operatori di produzione ed manutentori, inquadrandone in maniera rigida le mansioni e le fasce retributive.

È necessario rendersi conto che il differenziale competitivo è generato dagli uomini che operano in azienda. Ecco quindi che il TPM si indirizza proprio sulla crescita continua delle competenze/capacità delle persone che operano nella fabbrica, sulla quali bisogna investire in termini di formazione e crescita professionale.



A livello di attività la manutenzione autonoma si traduce in tutta quella serie di azioni svolte da ogni operatore per prendersi cura personalmente delle sue macchine, tra cui:

- la pulizia delle attrezzature per assicurarne il corretto stato di funzionamento e facilitarne l'individuazione delle anomalie;
- la lubrificazione e l'ingrassaggio degli elementi meccanici per evitarne o ritardarne l'usura e ridurre le perdite di energia;
- l'ispezione quotidiana dei propri impianti;
- le visite sistematiche per regolazioni, avvvitamento dei bulloni, piccoli interventi, ecc.;
- le riparazioni e sostituzioni di componenti guasti o difettosi;
- il controllo delle tolleranze e delle condizioni di funzionamento.

Si deve quindi fare un salto di qualità rispetto al passato: la cura degli impianti non deve essere più solo compito dei manutentori, in quanto tale prassi rende difficile l'eliminazione tempestiva dei guasti e dei difetti. Con il TPM, invece, i guasti e i difetti possono essere eliminati mediante la manutenzione autonoma, svolta dagli operatori che sono a contatto quotidiano con gli impianti.

La parola d'ordine per gli operatori deve essere quindi "Prendersi cura personalmente dei propri impianti", diventando protagonisti sul lavoro.

La manutenzione autonoma ha quindi lo scopo, attraverso la formazione e il coinvolgimento del personale operativo, di realizzare un sistema di gestione globale che consenta:

- il miglioramento delle prestazioni dell' impianto;
- il mantenimento di tali prestazioni a livelli ottimali.

Attraverso una corretta implementazione di tale approccio è possibile:

- misurare il degrado, attraverso sistematiche ispezioni giornalieri ed il controllo delle condizioni operative;
- prevenire il degrado, attraverso una corretta gestione delle anomalie ed una sistematica esecuzione di azioni pulizia, lubrificazione, serraggi e regolazioni minori;
- rimediare al degrado, rilevando le anomalie prontamente, studiandone le opportune contromisure, ed eseguendo piccole riparazioni preventive.

Le problematiche principali nell' applicazione pratica di queste teorie sono ben evidenti se si considera l'entità dello sforzo di coinvolgimento del personale aziendale a tutti i livelli.

Il cambiamento delle abitudini consolidate, peraltro già in essere con l'introduzione delle filosofie preventive e predittive, viene in questo caso ulteriormente amplificato, allo scopo di creare la massima integrazione possibile delle risorse tecniche e umane proprie di una impresa industriale.

#### **3.5.4 Manutenzione migliorativa**

La manutenzione migliorativa, detta anche manutenzione proattiva, è una politica manutentiva che prevede un intervento di revisione, finalizzato a migliorare il valore o la prestazione di un sistema o di una parte di esso.

L'azione di manutenzione non è subordinata a malfunzionamenti ma deriva da esigenze di miglioramento espresse sia dall'utilizzatore sia dal manutentore.

Tale metodologia si contrappone a quella correttiva dove l'insieme delle attività svolte non concorrono ad aumentare il valore del sistema né a migliorarne le prestazioni, ma semplicemente ripristinano lo *status quo ante*.

## Cap.4 – “T.P.M” SULLA LINEA T07

La linea T07 è una linea di produzione tovaglioli presente nel reparto piegati dello stabilimento Soffass.

Come tutte le linee di produzione è completamente automatizzata, eccezion fatta per l'attività del cambio bobina. La sequenza delle operazioni con le quali la bobina in ingresso viene trasformata nella confezione di tovaglioli è stata esaustivamente descritta nel capitolo 2 ma per completezza di informazione viene presentata la planimetria della linea con la schematizzazione di tutti i gruppi.

La figura 4.1 rappresenta solamente una parte della T07, quella di “converting”, fino alla stazione denominata “testa formatrice” (vedi Cap.2); tale parte costituisce il cuore nevralgico della produzione del tovagliolo.

Le bobine caricate sono quasi esclusivamente con:

- **N°Veli** : 2;
- **Grammatura** : 17 [g/m<sup>2</sup>];
- **Dimensioni** : (1400 x 760) [mm];
- **Peso**  $\approx$  350 [Kg].

La scelta di attuare politiche di manutenzione produttiva su questa linea non è casuale ma è determinata dal fatto che fra tutte le linee di produzione tovaglioli questa è quella che fornisce i prodotti di punta del brand “Regina” e allo stesso tempo è quella che da un punto di vista tecnico risulta più complessa, potendo avere attivi contemporaneamente:

- Il gruppo stampa in quadricromia;
- Il gruppo incollaggio con goffratura punta-punta;
- La goffratura a riquadro in successione alla precedente;
- Due stazioni di piegatura trasversali dei veli come accade per i “Tovaglioli Regina-quadrifogli” (vedi fig.2.6).

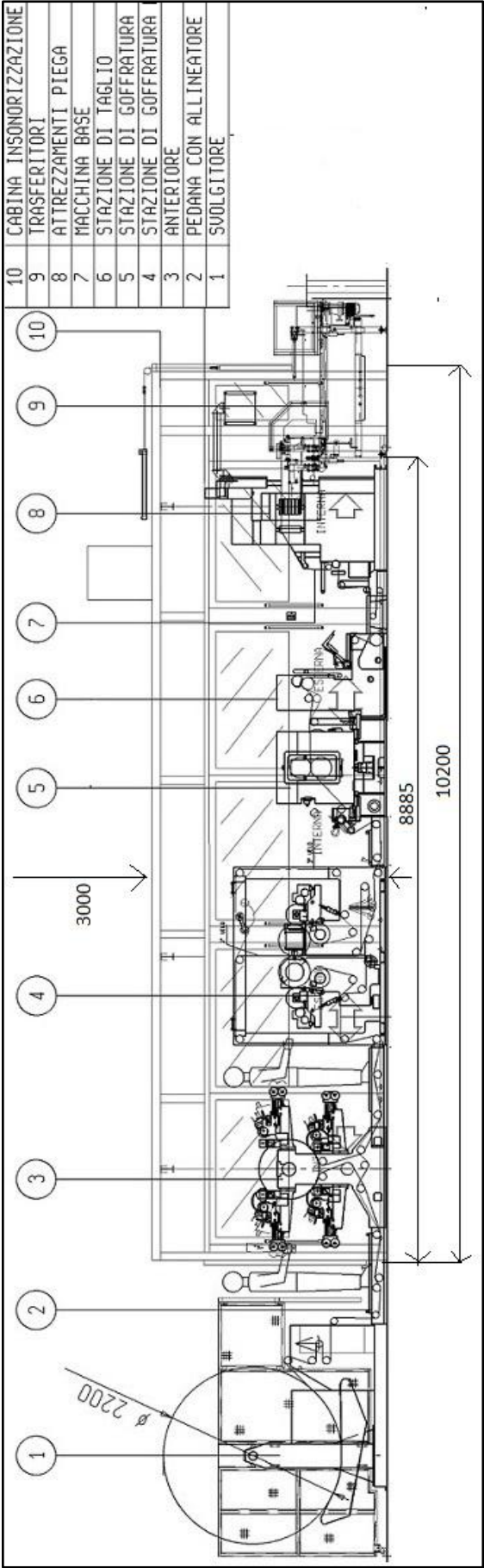


Fig. 4.1 – Planimetria T07

## 4.1 ANALISI OEE DELLA LINEA T07

Come precedentemente descritto ogni attività di manutenzione parte sempre da una prima analisi sulla efficienza della linea, tramite la quale è possibile individuare le parti o le cause che determinano le maggiori perdite.

L'indagine copre due anni, da inizio 2013 (anno in cui si è deciso di implementare il TPM all'interno del gruppo Sofidel) fino alla fine del 2014, data nella quale sono partite nei vari stabilimenti le prime attività di Manutenzione Autonoma.

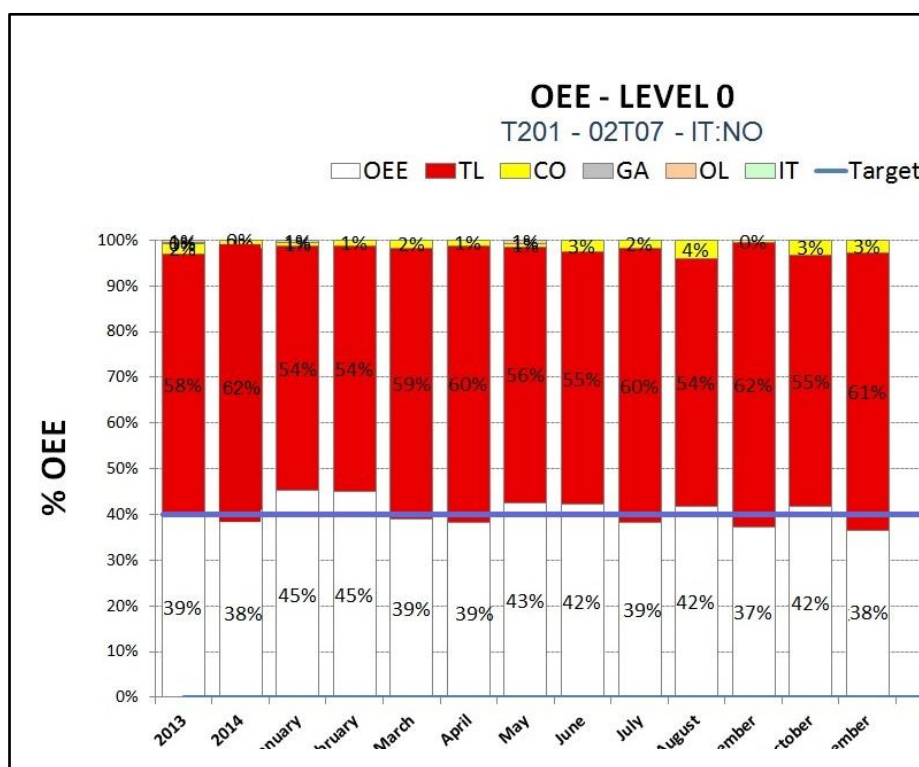


Fig. 4.2 – OEE-0 sulla linea T07 (dicembre 2014)

A fine 2014 l'OEE era pari al 38%, ovvero la linea produceva alla sua velocità massima meno della metà del tempo disponibile.

I tempi persi per setup sono pressoché nulli poiché la linea è monoprodotto e gli eventuali cambi non richiedono settaggi importanti.

Il livello 1 di indagine (fig.4.3) delinea quali sono le cinque maggiori perdite della macchina; leggendo sotto i blocchi è possibile notare che le perdite per il  $\Delta$ -velocità sono suddivise in due macrogruppi:

- **$\Delta V$ -Tec. ( $V_1$ - $V_2$ )** : differenza fra il tempo totale di lavoro a  $V_1$  (velocità massima del prodotto sulla parte di converting vera e propria) e  $V_2$  (velocità massima che il

prodotto può tenere considerando eventuali “colli di bottiglia” sulla parte di confezionamento);

- **$\Delta V\text{-Act.}$  ( $V_2 - V_{\text{eff}}$ )** : differenza fra il tempo totale di lavoro a  $V_2$  e quella quello a  $V_{\text{eff}}$  (velocità effettiva) a consuntivo.

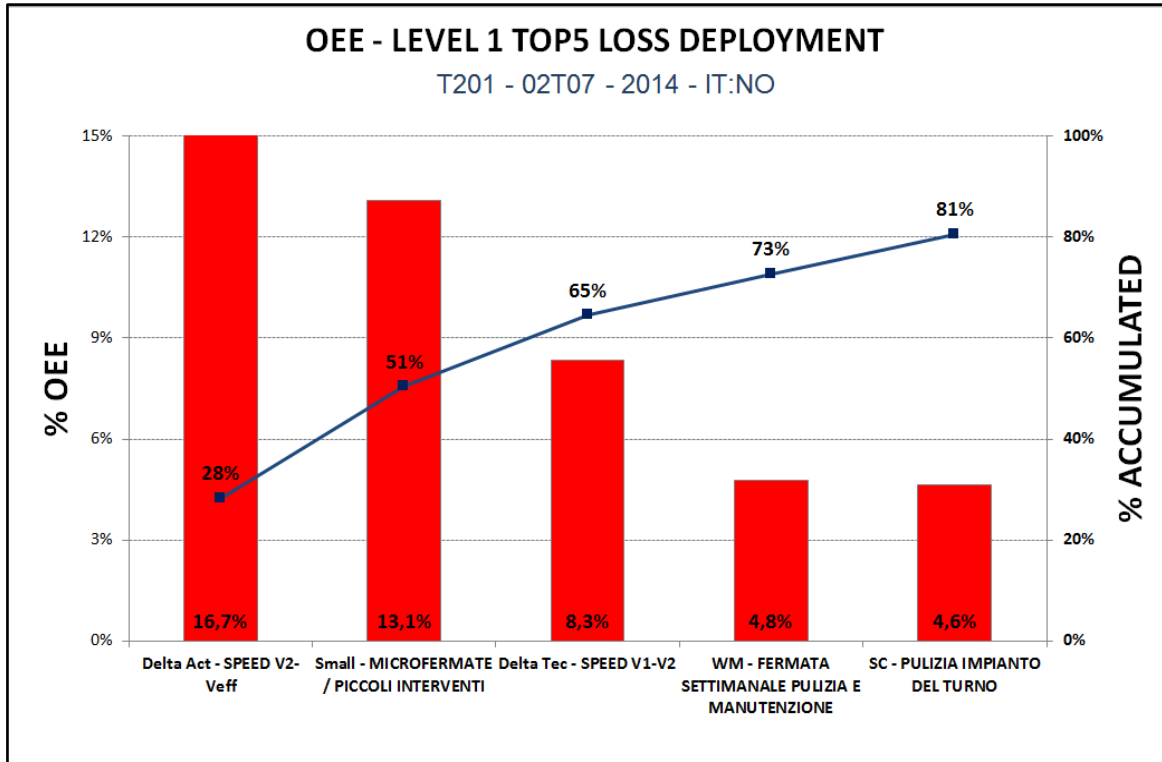


Fig. 4.3 – OEE-1 sulla linea T07 (dicembre 2014)

Le inefficienze verranno attaccate con due strumenti differenti:

- **Manutenzione autonoma:** l'effetto principale di questa attività è quello di ridurre nettamente le micro-fermate e i guasti causati da un deterioramento accelerato del gruppo macchina dovuto a delle mancate attività di ispezione, pulizia e lubrificazione;
- **Impianto di soffiaggio polveri:** applicazione di quella che è stata definita manutenzione migliorativa, ha lo scopo di facilitare e ridurre i tempi di pulizia a fine turno. Lo sviluppo di questo sistema ha un impatto positivo non solo sulla produttività della macchina ma anche su altri punti nodali come la “prevenzione incendi” o “la contaminazione del prodotto”, temi che verranno ripresi dettagliatamente più avanti nella trattazione.

## Cap.5 – “MANUTENZIONE AUTONOMA” SULLA T07

L'attività di manutenzione autonoma si sviluppa in due fasi distinte:

1. **Fase progetto:** in questa fase di durata di 12 settimane è stata fatta l'analisi dell'efficienza della linea e l'individuazione delle aree più critiche dove agire inizialmente attraverso dei cantieri durante i quali venivano segnalati, attraverso “cartellinatura”, tutte le anomalie riscontrabili.

La parte progettuale ha lo scopo di ripristinare in tempi brevi le condizioni di base della linea e di dettare le regole per il mantenimento di tali condizioni;

2. **Fase di mantenimento:** in questa fase vengono eseguiti tutti gli standard di pulizia ed ispezione precedentemente accordati e contemporaneamente gli operatori possono emettere nuovi cartellini segnalanti ulteriori anomalie.

La fase progetto ha seguito un calendario di attività da svolgere ben preciso e che sono riassunte nella fig.5.1.

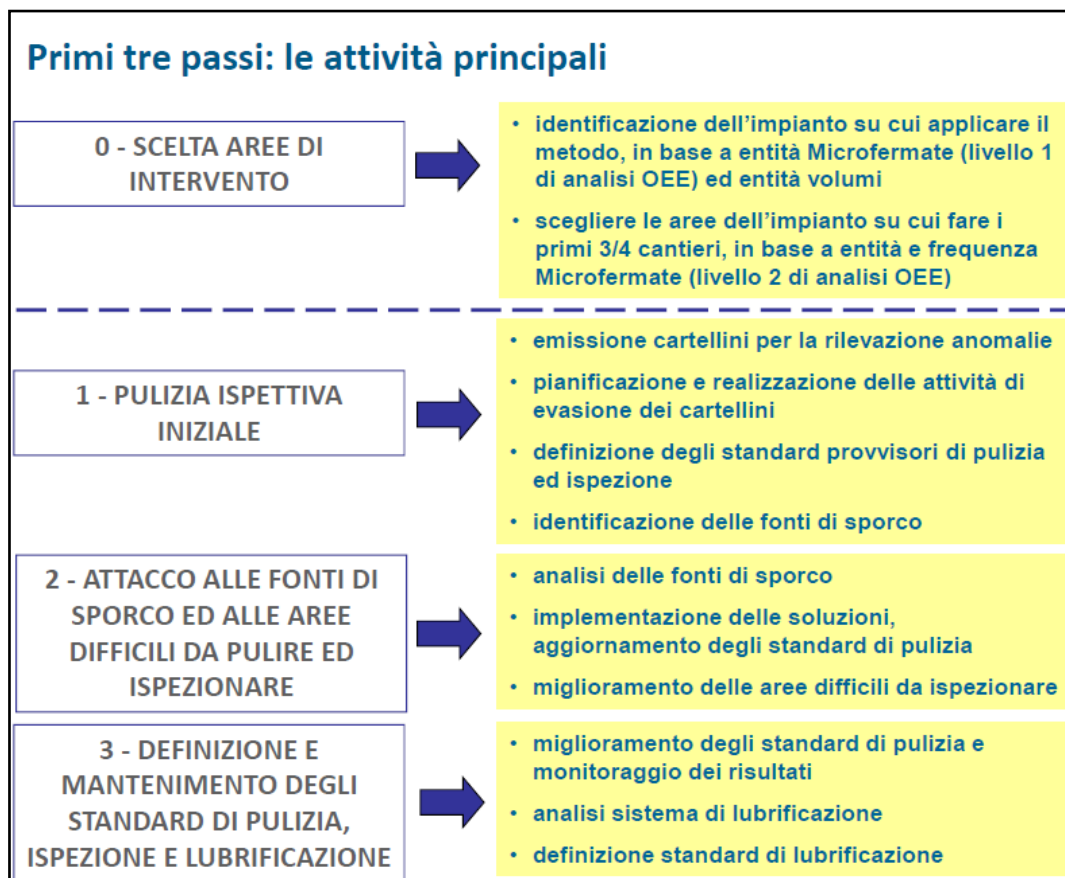


Fig. 5.1 – Passi da svolgere durante la fase di progetto

Dopo l'analisi dell'OEE veniva studiata il report delle fermate della macchina dei mesi antecedenti, ottenute tramite SAP, cosicché da individuare quali gruppi causavano la maggior parte delle perdite riscontrate nell'OEE-1.

Con l'utilizzo dei layout della linea, veniva associata ad ogni perdita giustificata un punto rosso sul gruppo-macchina responsabile in modo da avere visivamente chiaro quali erano le aree su cui dover agire immediatamente.

Tale procedura prendeva il nome di "puntinatura" e in fig.5.2 se ne mostra il risultato.

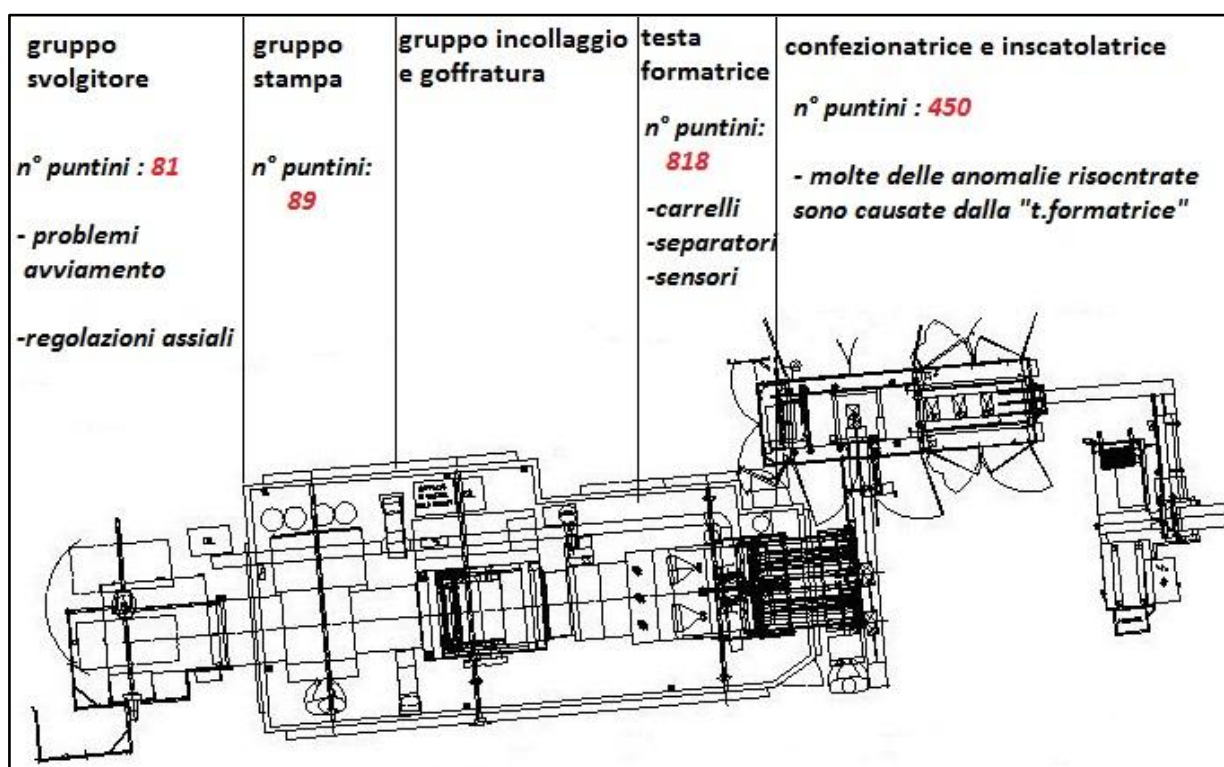


Fig. 5.2 – Puntinatura sulla T07

Da una semplice occhiata del layout puntinato risulta lampante che le aree su cui si concentravano le perdite erano:

- Testa Formatrice e Linea trasferimento a valle;
- Gruppo Stampa;
- Confezionatrice.



## 5.1 PULIZIA ED ISPEZIONE INIZIALE

Prima di procedere alla attività vera e propria, veniva creato il gruppo di lavoro a cui erano delegati tutti i compiti della fase 1; esso era composto da:

- **Un coordinatore della manutenzione autonoma:** individuata nella figura di un Capo-Turno, deve assicurare la corretta implementazione del metodo e la sua corretta applicazione anche nella fase di mantenimento;
- **Un manutentore meccanico;**
- **Un manutentore elettrico;**
- **Un Capo Turno;**
- **Tre operatori,** scelti per le loro competenze tecniche.

Lo scopo ultimo della pulizia iniziale è quello di cercare di eliminare quelle perdite produttive dovute più o meno in maniera diretta allo sporco.

Lo sporco e le infiltrazioni nelle parti rotanti, nelle parti scorrevoli, nei sistemi pneumatici e idraulici, nei sistemi elettrici e di controllo, nei sensori, determinano una scarsa precisione, un funzionamento scorretto e rotture dovuti a usura, ostruzione, resistenza e alimentazione di corrente inadeguata.

La polvere e gli spargimenti rendono inoltre difficoltosi i controlli e comportano in molti casi l'impossibilità per l'operatore di individuare allentamenti, crepe, giochi ed esaurimento inaspettato dell'olio, con conseguente deterioramento forzato continuo.

La scarsa pulizia aumenta la resistenza allo scorrimento, con conseguente riduzione di capacità, fermi macchina e altri cali di velocità.

Il primo intervento su una zona è stato costituito dalla *cartellinatura iniziale*, durante la quale i membri del team hanno segnalato ogni anomalia con un **cartellino**: il cartellino è una sorta di documento di cui si necessita per tenere traccia degli interventi e delle attività in genere da svolgere per cercare di trovare una soluzione alle anomalie riscontrate sulla macchina (fig.5.3).

I cartellini devono essere quindi compilati in duplice copia: un cartellino resta sulla macchina vicino all'anomalia, la copia è invece raccolta sul tabellone per la pianificazione degli interventi.

A partire da questa prima cartellinatura, il cartellino diventa lo strumento con il quale segnalare ogni anomalia riscontrata in qualunque momento da qualunque operatore si trovi sulla linea (dunque non solo dal team e non solo durante le fermate programmate).

Una volta preso il cartellino inserire il numero progressivo nel cartellino successivo

**CARTELLINO TPM MANUTENZIONE AUTONOMA**

Numero CARTELLINO: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_ NOME COMPILATORE: \_\_\_\_\_

LINEA: \_\_\_\_\_ MACCHINA/IMPIANTO: \_\_\_\_\_ GRUPPO: \_\_\_\_\_

COMPONENTE:

PARTI FISSE (corpo macchina)	<input type="checkbox"/> CILINDRO/VALVOLE
CUSCINETTO	<input type="checkbox"/> SERRAGGI (bulloni, dadi)
RULLO	<input type="checkbox"/> STRUMENTI/SENSORI
MOTORE/RIDUTTORE	<input type="checkbox"/> TENUTE/GUARNIZIONI
TRASMISSIONE (cinghie, catene)	<input type="checkbox"/> COLLEGAMENTI ELETTRICI
	<input type="checkbox"/> CARTER

TIPO ANOMALIA:

PERDITA OLIO	<input type="checkbox"/> BLOCCAGGIO O GRIMPAGGIO
PERDITA ARIA	<input type="checkbox"/> PRESSIONE ANOMALA
COMPONENTI ROTTI O MANCANTI	<input type="checkbox"/> ALTA TEMPERATURA
COMPONENTE USURATO	<input checked="" type="checkbox"/> SCHEI O ALLINEAMENTI
DIFFICILE ISPEZIONE/LUBRIFICAZIONE	<input type="checkbox"/> VIBRAZIONI
LIMATURA	<input type="checkbox"/> RUMORE
POLVERE/FONTE DI SPORCO	<input type="checkbox"/> PERDITE DI LIQUIDI
DIFFICILE UTILIZZO	<input type="checkbox"/>

NOTE/OSSERVAZIONI DURANTE LA COMPILAZIONE

Data di emissione del cartellino

Nome di chi ha compilato il cartellino

Gruppo o parte della macchina dove si è riscontrata l'anomalia

**Esempio :**

- TESTA RIBOBINATRICE Zona A1

Selezionare COMPONENTE e TIPO ANOMALIA riscontrate

Linea dove il cartellino è stato emesso (es. R07)

Macchina della linea dove si è riscontrata l'anomalia **Esempio:**

- RIBOBINATRICE
- CONFEZIONATRICE
- IMBALLATRICE
- PALLETTIZZATORE

Specificare nel dettaglio il punto della macchina dove si è riscontrata l'anomalia; per individuare facilmente la posizione del cartellino (lato trasmissione/lato operatore). Specificare anche il tipo di intervento che si richiede venga fatto

NOTE/OSSERVAZIONI DURANTE L'ASSEGNAZIONE

CAPOTURNO

EVASIONE IN CARICO A:

PRODUZIONE	MANUTENZIONE
------------	--------------

DESCRIZIONE INTERVENTO RISOLUTIVO:

DESCRIZIONE INTERVENTO

ATTENZIONE: COMPILARE TUTTI I CAMPI!

Fig. 5.3 – Esempio di cartellino

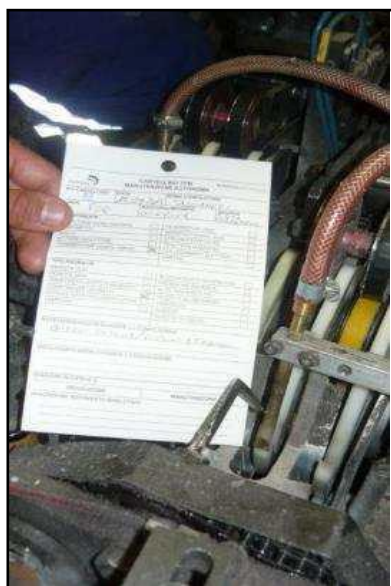


Fig. 5.4 – Esempio di compilazione cartellino

La cartellinatura veniva svolta sequenzialmente in ogni zona segnalata dalla puntinatura e con cadenza settimanale il coordinatore aveva il compito di analizzare i cartellini fino ad allora compilati e pianificare le eventuali attività ad essi associati.

Questo significa dover coinvolgere più persone, anche al di fuori del gruppo di lavoro, come ufficio tecnico, Resp. Sicurezza, Resp. Manutenzione, Resp. Produzione ed eventualmente il Plant Manager.

L'avanzamento delle attività per l'evasione viene monitorato tramite il flusso fisico dei cartellini sul tabellone e sulla macchina, in modo da avere un riscontro visivo dell'andamento dei lavori.

Il documento che raccoglie tutte le informazioni, in particolare, viene aggiornato settimanalmente e contiene l'elenco di tutti i cartellini emessi, il loro andamento settimanale ed altre informazioni utili per il regolare svolgimento delle attività (fig.5.5).

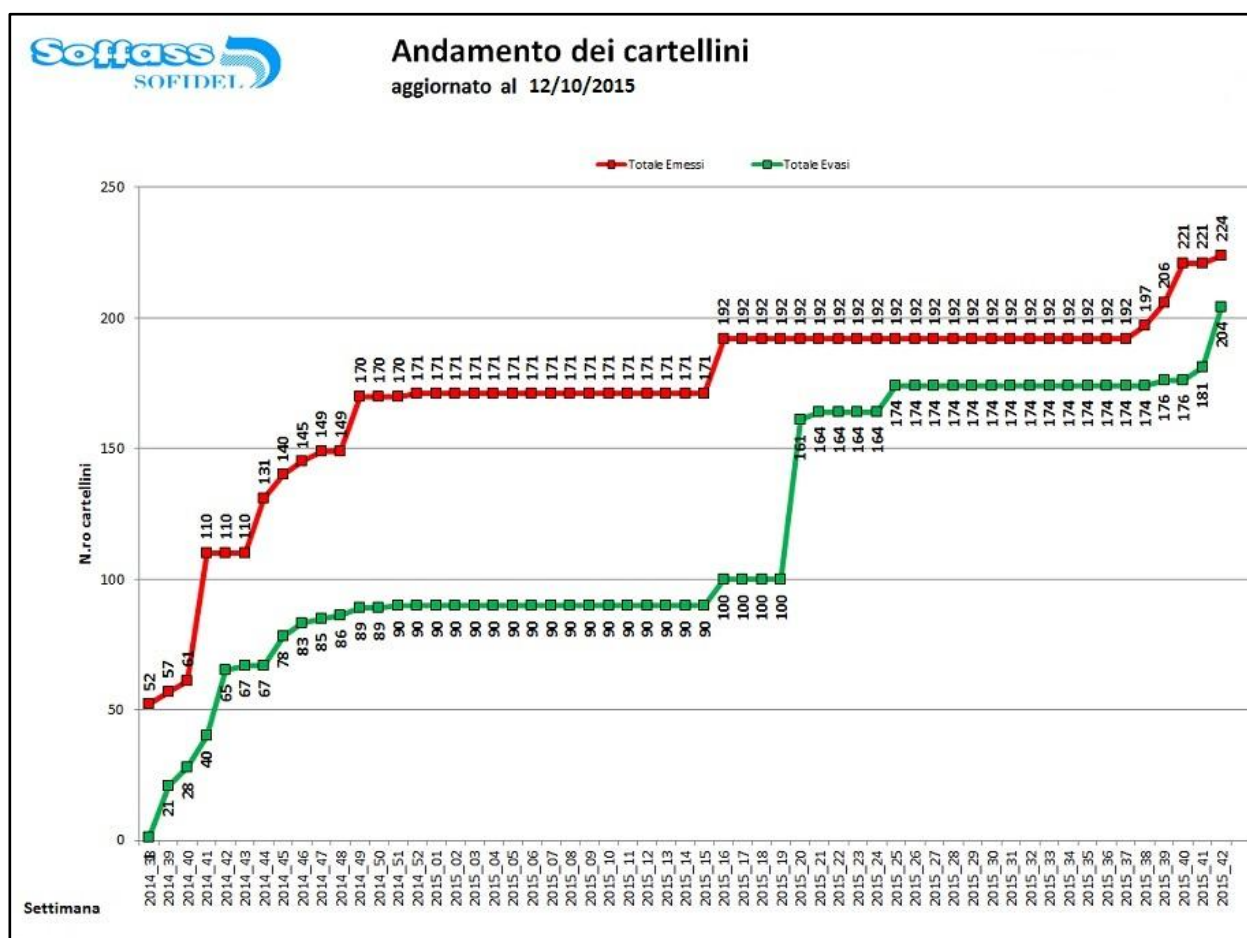


Fig. 5.5 – Grafico “andamento cartellini” emessi (linea rossa) ed evasi (linea verde)

La pulizia iniziale ha avuto lo scopo ultimo di portare il gruppo macchina coinvolto al suo stato base, così da poter individuare ogni anomalia possibile e segnalare adeguatamente tramite cartellino.

## 5.2 ATTACCO ALLE FONTI DI SPORCO

Se la pulizia ispettiva iniziale aveva il fine di rendere evidente l'insorgere di nuove perdite e accumuli di sporco, il passo-2 ha avuto l'obiettivo di:

- Eliminare o ridurre al massimo le fonti di sporco;
- Rendere facili da pulire ed ispezionare tutti i punti critici delle macchine.

Tutte le parti di corredo alla macchina (centraline oleodinamiche, taniche del colore o della colla etc..) sono state portate fuori dalla cabina così da essere facilmente ispezionabili senza dover fermare l'intera linea.

Là dove è stato possibile, per rendere agevole il controllo dei livelli di olii e lubrificanti o quello dello stato delle cinghie di trasmissione, è stato addirittura modificato il carter di copertura, inserendone uno trasparente in plexiglass.

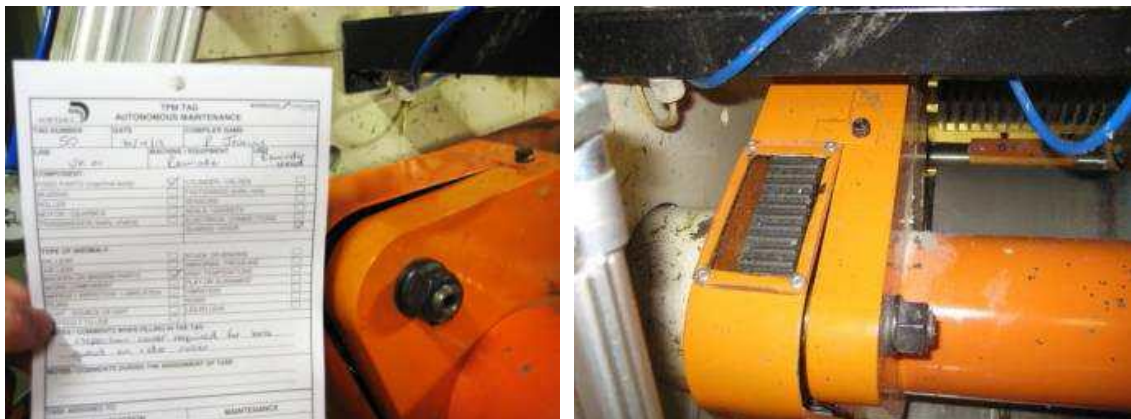


Fig. 5.6 – Esempio di carter-cinghia in plexiglass

Per facilitare l'ispezione sono state utilizzate tecniche di *visual control*, con il quale, grazie a semplici adesivi è stato possibile rendere evidente:

- I campi di funzionamento corretti sulla strumentazione;
- La direzione dei flussi all'interno dei tubi;
- I livelli di riferimento per lubrificanti e liquidi di consumo.



Le figure 5.7 e 5.8 sono un esempio di questa metodologia.



**Fig. 5.7 – Esempio di indicazione del punto di ingrassaggio**



**Fig. 5.8 – Esempio di visual control sul livello del grasso**

### **5.3 DEFINIZIONE DEGLI STANDARD DI PULIZIA**

Parte fondamentale del progetto è stata, tuttavia, quella di stabilire uno standard di pulizia, ispezione e lubrificazione dei componenti della macchina; a seguito della pulizia iniziale e della realizzazione di modifiche per l'eliminazione (o riduzione) delle fonti di sporco l'obiettivo da perseguire è stato quello di evitare di fare passi indietro sulle condizioni di lavoro.

Gli standard di manutenzione autonoma sono suddivisi per frequenza di applicazione in due gruppi:

- Standard turno/giorno;
- Standard settimana/mese.

Ai due gruppi corrispondono due distinte cartelline asportabili che l'operatore porta con sé durante l'applicazione degli standard: le attività previste sono contrassegnate da un "O" che l'operatore deve barrare ad esecuzione avvenuta per tenere traccia dei lavori svolti.

Ogni azione prevista è univocamente identificata attraverso un colore ed una sigla che riporta la zona della macchina dove avviene fisicamente il controllo (vedi fig.5.9) e un numero distintivo; il colore indica la tipologia dell'attività e può essere di pulizia (verde), ispezione (rosso) o lubrificazione/ingrassaggio (giallo). Un bollino colorato, riportante la sigla, è stato affisso vicino al punto in cui l'attività deve essere svolta così da facilitare il lavoro anche agli operatori che non sono abituati a stare sulla questa linea.

L'obiettivo del metodo è di eseguire gli standard per turno all'interno dei 20 minuti di fermo impianto previsto per tutta la linea, assegnando i pacchetti di lavoro all'intero equipaggio della linea. Gli standard per settimana, invece, devono essere eseguiti all'interno della fermata settimanale prevista il sabato.

Le attività presenti nello standard per turno prevedono, in particolare, attività di pulizia per mezzo di aria compressa ed ispezioni a vari organi della macchina in modo tale da mantenere un certo livello di pulizia.

Le attività incluse nello standard settimanale sono invece più articolate, essendo maggiore il tempo a disposizione per l'esecuzione (solitamente vengono svolte il sabato mattina): esse prevedono smontaggi e pulizia di organi e componenti della macchina.

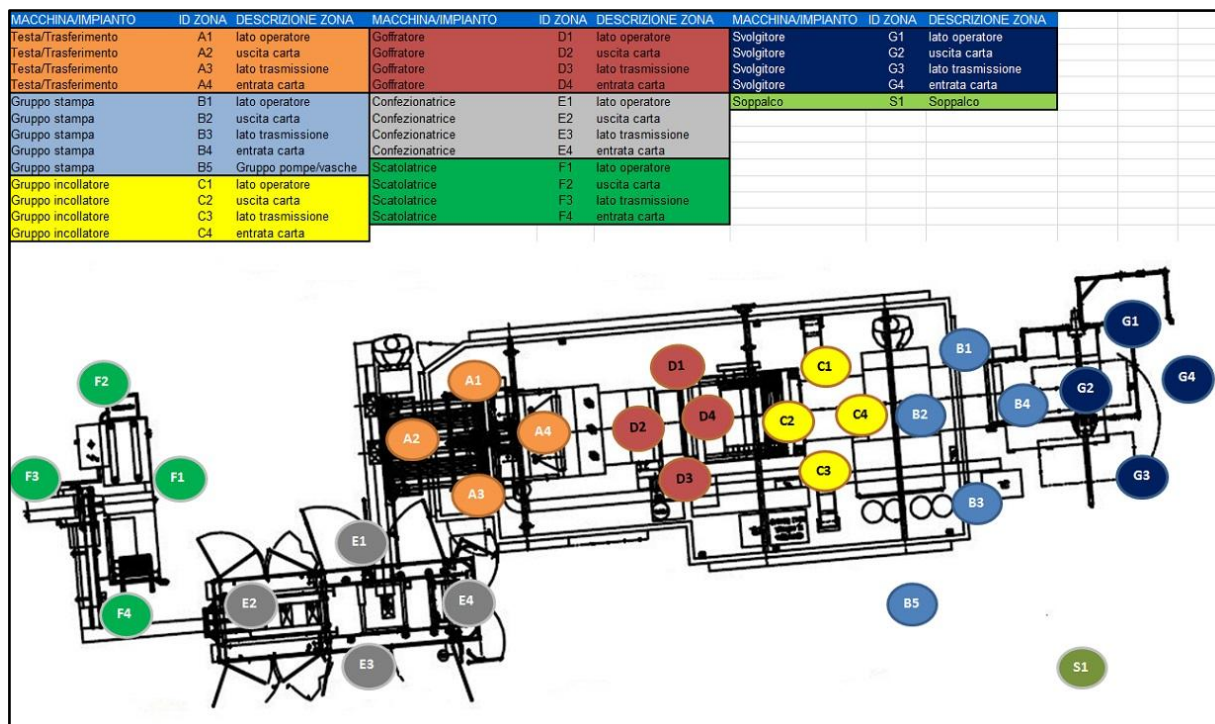


Fig. 5.9 – T07 bollata per individuare le aree coinvolte negli standard

n°	MACCHINA / IMPIANTO	ZONA	AZIONE	DESCRIZIONE	STATO MACCHINA
1	Stampa	B1	<b>B1.3</b>	Lavaggio Rulli retinati stampa e relativi circuiti inchiostro / vasche	MF
2	Soppalco	S1	<b>S1.1</b>	Pulizia / soffiaggio dei filtri condizionatori quadri elettrici	MF
3	Soppalco	S1	<b>S1.2</b>	Soffiaggio Soppalco	MF
4	Soppalco	S1	<b>S1.3</b>	Sostituzione filtro acqua di mandata	MF
5	Soppalco	S1	<b>S1.4</b>	Sostituzione della calza filtro sistema TRESU	MF
6	Testa Formatrice	A3	<b>A3.1</b>	Soffiaggio parte superiore Teste di formazione	MF
7	Testa Formatrice	A	<b>A</b>	Soffiaggio come per Turno / Giorno	MF
8	Goffratore Riquadro	D3	<b>D3.2</b>	Soffiaggio parte superiore Goffratore riquadro	MF
9	Goffratore Riquadro	D	<b>D</b>	Soffiaggio come per Turno / Giorno	MF
10	Goffratore P/P	C3	<b>C3.2</b>	Soffiaggio parte superiore P/P Incollatore veli	MF
11	Goffratore P/P	C	<b>C</b>	Soffiaggio come per Turno / Giorno	MF
12	Stampa	B3	<b>B3.2</b>	Soffiaggio parte superiore Stampa	MF
13	Stampa	B	<b>B</b>	Soffiaggio come per Turno / Giorno	MF
14	Svolgitore	G3	<b>G3.1</b>	Soffiaggio parte superiore Svolgitore	MF
15	Svolgitore	G	<b>G</b>	Soffiaggio come per Turno / Giorno	MF
16	Confezionatrice	E1	<b>E1.4</b>	Soffiaggio accurato impacchettatrice (carpenteria e sottomacchina)	MF
17	Scatolatrice	F1	<b>F1.5</b>	Soffiaggio accurato Scatolatrice	MF
18	Scatolatrice	F4	<b>F4.1</b>	Soffiaggio e/o sostituzione filtro del vuoto (ventose di aspirazione)	MF
19	Goffratore Riquadro	D3	<b>D3.1</b>	Soffiaggio gruppo blocchetti lubrificazione Goffratore riquadro	MF
20	Testa Formatrice	A2	<b>A2.16</b>	Controllo livello olio teste	MF
21	Testa Formatrice	A2	<b>A2.17</b>	Controllo integrità gruppi separatori Testa 1	MF
22	Testa Formatrice	A2	<b>A2.18</b>	Rimozione, pulizia e controllo accurato di tutti i carrellini Testa 1	MF
23	Testa Formatrice	A2	<b>A2.19</b>	Controllo integrità cinghie trasporto carrellini Testa 1	MF
24	Testa Formatrice	A2	<b>A2.20</b>	Controllo allineamento e rotazione girapacchi secondo OPL	MF
25	Testa Formatrice	A2	<b>A2.21</b>	Controllo integrità cinghiette di trasferimento	MF
26	Testa Formatrice	E1	<b>E1.5</b>	Controllo integrità piedini di trasferimento	MF
27	Confezionatrice	E1	<b>E1.6</b>	Controllo accurato del saldatore	MF
28	Confezionatrice	E1	<b>E1.7</b>	Controllo accurato delle cinghiette polycord alimentazione foglio poly	MF
29	Confezionatrice	E2	<b>E2.2</b>	Controllo integrità (denti della lama seghettata) del punzone foglio poly	MF
30	Scatolatrice	F4	<b>F4.2</b>	Controllo integrità / funzionalità ventose di aspirazione cartoni	MF
31	Scatolatrice	F4	<b>F4.3</b>	Controllo integrità / funzionalità cinghie di alimentazione cartoni	MF
32	Testa Formatrice	A4	<b>A2.22</b>	Controllo integrità gruppi separatori Testa 2	MF
33	Testa Formatrice	A4	<b>A2.23</b>	Rimozione, pulizia e controllo accurato di tutti i carrellini Testa 2	MF
34	Testa Formatrice	A4	<b>A2.24</b>	Controllo integrità cinghie trasporto carrellini Testa 2	MF
35	Testa Formatrice	A4	<b>A4.4</b>	Sostituzione mollette	MF

Fig. 5.10 – Stralcio tratto dallo “Standard di pulizia settimana/mese”

## 5.4 FASE DI MANTENIMENTO E FLASH MEETING

Finita la fase di progetto è stato creato un tabellone (fig.5.11), situato a bordo linea, nel quale sono affisse tutte le informazioni necessarie alla manutenzione autonoma come ad esempio:

- Standard di pulizia turno, aggiornato settimanalmente;
- Standard pulizia settimana/mese;
- Layout bollato della linea;
- Andamento dell'emissione ed evasione cartellini;
- Box con cartellini "bianchi", a disposizione dell'operatore in caso di riscontro di nuove anomalie;
- Andamento delle "micro fermate", così da avere sempre sotto occhio l'efficienza della linea.



Fig. 5.11 – Struttura del tabellone della Manutenzione Autonoma



Osservando la fig.5.11, si nota uno spazio dedicato agli OPL.

OPL è l'acronimo inglese per ONE POINT LESSON e non è altro che un foglio nel quale in maniera sintetica ma efficace è sintetizzato qualsiasi informazione che possa tornare utile all'operatore: dall'indicazione di un avvenuto cambiamento logistico a norme su come svolgere una determinata attività.

Solitamente il foglio viene redatto dal coordinatore della manutenzione autonoma e fatto firmare in una fase successiva a tutti gli operatori della linea, cosicché da avere la conferma di avvenuta visione ma soprattutto di piena comprensione del testo.

Questo strumento quindi, si presenta come uno mezzo di formazione semplice ed immediato.



BONFIGLIOLI CONSULTING Highland Worldwide			OPL (LEZIONE SU UN PUNTO)		Softass SOFIDEL	
ARGOMENTO: Realizzazione circuito di ingrassaggio con accesso esterno carter						
ZONA: LINEA T07 INGRASSAGGIO TESTA FORMATRICE				DATA:		COMPILATO DA : C. PIERCECCHI
CONOSCENZA DI BASE			PROBLEMA		MIGLIORAMENTO <input checked="" type="checkbox"/>	
INDICATORE -->						ID 7
PERDITA ATTACCATA ->		TECNICA <input checked="" type="checkbox"/>		ORGANIZZATIVA <input type="checkbox"/>		QUALITA' <input type="checkbox"/>
OPERATORI DA FORMARE:						
FORMATORE	PERSONE FORMATE	DATA FORMAZIONE				
1	2		<b>PRIMA</b>		<b>DOPO</b>	
2	3					
3	4		L'ingrassaggio degli ingranaggi era di difficile accesso, restando all'interno di un carter di protezione fissato alla fiancata macchina.		E' stato creato un circuito di ingrassaggio con accesso dall'esterno del carter di protezione.	
4	5					
5	6					
6	7					
7	8					
8	9					
9	10					
10	11					
11	12					
OSSERVAZIONI:						

Fig. 5.12 – Esempio di OPL

Vero e proprio strumento di mantenimento, tuttavia, è il **flash meeting**: esso non è altro che un incontro giornaliero in piedi di fianco all'impianto in funzione, finalizzato ad affrontare le problematiche del giorno prima in un momento definito ed in un tempo definito (15 minuti).

Il F.M. nasce dall'esigenza di rendere note immediatamente quelle che sono le anomalie e i problemi della linea, così da poter intervenire tempestivamente.

A capo dell'incontro vi è la figura del coordinatore, il quale possiede un "diario di bordo"(fig.5.14) derivante dalle giustificazioni delle fermate effettuate dagli operatori (creato in automatico dal sistema informatico di Supervisione) e facendone una analisi preliminare la rende nota a tutti i partecipanti.

Il F.M. è aperto a tutti ma è indispensabile la presenza di:

- Un manutentore elettrico;
- Un manutentore meccanico;
- Un operatore della Linea.

Durante la discussione qualsiasi eventuale azione correttiva che viene deciso di intraprendere deve essere opportunamente segnalata e deve seguire uno schema logico basato su quattro punti riassunti nella fig.5.13.

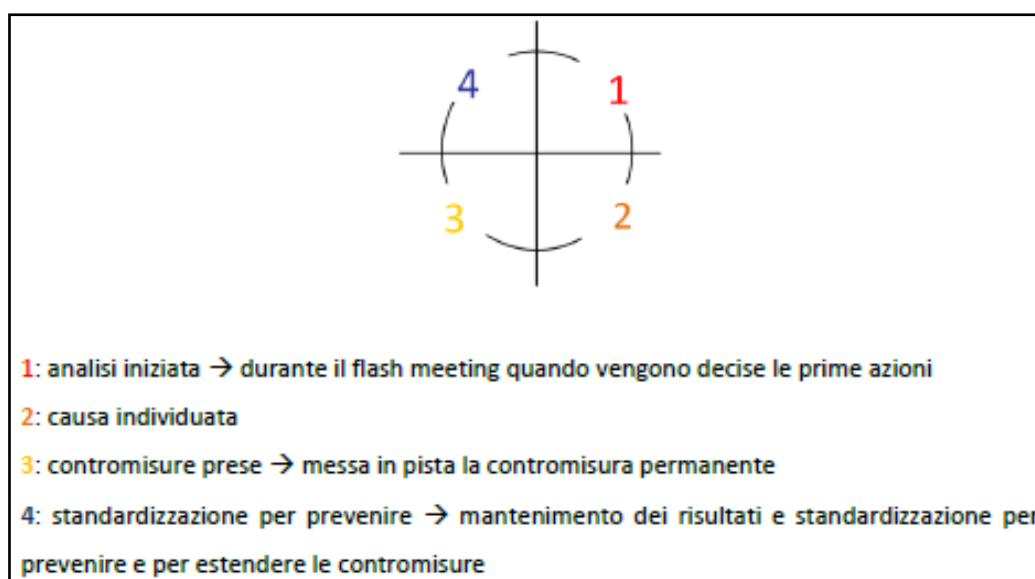


Fig. 5.13 – passi da seguire per una azione correttiva

DIARIO DI BORDO PER COORDINATORE						
FLASH MEETING						
LINEA:		03R06				
RACCOLTA DATI 3 TURNI DALLE 6 DEL GIORNO PRIMA ALLE 6 DEL GIORNO CORRENTE						
		T1		T2		T3
PRODOTTI:		ARTICOLO	Q2	ARTICOLO	Q2	ARTICOLO
		409463	450	409463	450	409463
23/08/2012		Nr. Colli	2.540	2.440	2.840	
		OEE	58,6%	54,3%	63,3%	
TOT. MACCHINA FERMA		min	114	147	116	
Perdite		Unità	T1	T2	T3	NOTE
Q. VELOCITA' V2-Veffettivo [ΔV effettivo]		min	94	72	60	
V. media in produzione		m/min	318	308	311	
MICROFERMATE / PICCOLI INTERVENTI [Micro]		min	81	88	82	T1 Polinone Piero / Macchine e Valle Ferme (69 min) Ripobietrici-Gruppo Incolleggio (28 min) T2 Polinone Piero / Macchine e Valle Ferme (27 min) Ripobietrici-Ripobietrici A (21 min) T3 Polinone Piero / Macchine e Valle Ferme (48 min) Ripobietrici-Gruppo Teste Pomietrici (28 min)
Log Scartati		Nr.	54	45	72	
SETUP [SU]		min	0	0	0	
CAMBIO BOBINA [CB] tempo di cambio + time out cambio bobine)		min	17	9	10	
Nr. Bobine lavorate		Nr.	7	4	8	
GUASTI [GU]		min	0	20	0	T2 Guasto elettrico / Macchine-Ripobietrici-Ripobietrici A (20 min)
PERDITE NON DICHIARATE [ZG] (Perdite Generali)		min	0	0	2	
PULIZIA IMPIANTO [PI]		min	16	30	22	
ALTRE PERDITE DICHIARATE		min	0	0	0	

Fig. 5.14 – Esempio di “Diario di bordo” (Logbook)

## **Cap.6 – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI SOFFIAGGIO POLVERI**

### **6.1 IL PROBLEMA DELLE POLVERI IN SOFFASS**

Molte delle attività di pulizia segnalate negli standard riguardano azioni di “soffiaggio polveri” in diversi punti della macchina e delle cabina; questa coincidenza è facilmente giustificabile se pensiamo al fatto che un suo accumulo può essere fonte di potenziali rischi ed anomalie quali:

- Grippaggio degli organi in movimento;
- Difetti di qualità in alcune delle fasi di lavorazione: non è raro che capiti ad esempio che un tappo formato dagli sfridi di carta ostruisca un tubo di adduzione colore nella vasca del gruppo stampa causando un versamento sia sul pavimento ma soprattutto sul velo in scorrimento;
- Contaminazione fisica del prodotto;
- Rischio incendio o addirittura esplosione.

Per quanto concerne questo ultimo punto la direttiva “ATEX”, direttiva europea che regola le apparecchiature destinate all'impiego in zone a rischio esplosione, afferma che quello derivante dalla “polvere di carta/cellulosa” è legato alla possibile presenza di una nube in concentrazione tale da scoppiare in presenza di una opportuna sorgente di innesco o alla presenza di strati di polvere su superfici calde che possono rappresentare una sorgente di accensione per la sostanza depositata.

In questo ultimo caso si manifesterebbe solamente il rischio di incendio ma non quello di esplosione.

I locali dedicati alle trasformazioni, infatti, sono luoghi in cui, in condizioni normali, sono potenzialmente presenti nubi di polvere di carta-cellulosa infiammabile poiché ogni fase della lavorazione che comporta la movimentazione di materiale cellulosico, a mezzo di organi rotanti, produce fenomeni di “spolveramento”. Per questo motivo le linee produttive sono dotate di più punti di aspirazione collocati nelle aree più critiche come ad esempio svolgimento e taglio.

Considerato che il sistema di asportazione è in grado di diminuire solamente una parte della concentrazione di polvere nell'aria ma non è in grado di catturarla completamente, questa, ancora con presenza significativa, tende a depositarsi sulle carterature e sugli azionamenti presenti a bordo linea.

Tale evento determina il crearsi di una altra fonte di rischio poiché gli strati di polvere carta cellulosica, localizzati indistintamente su tutti i motoriduttori dei componenti meccanici a servizio della linea converting, possono incendiarsi qualora queste superfici si surriscaldassero eccessivamente a causa di anomalie elettriche.

Tale rischio aumenta quando il deposito delle polveri superi lo spessore di 5mm poiché in tale circostanza la temperatura di accensione diminuisce esponenzialmente (vedi fig.6.1.)

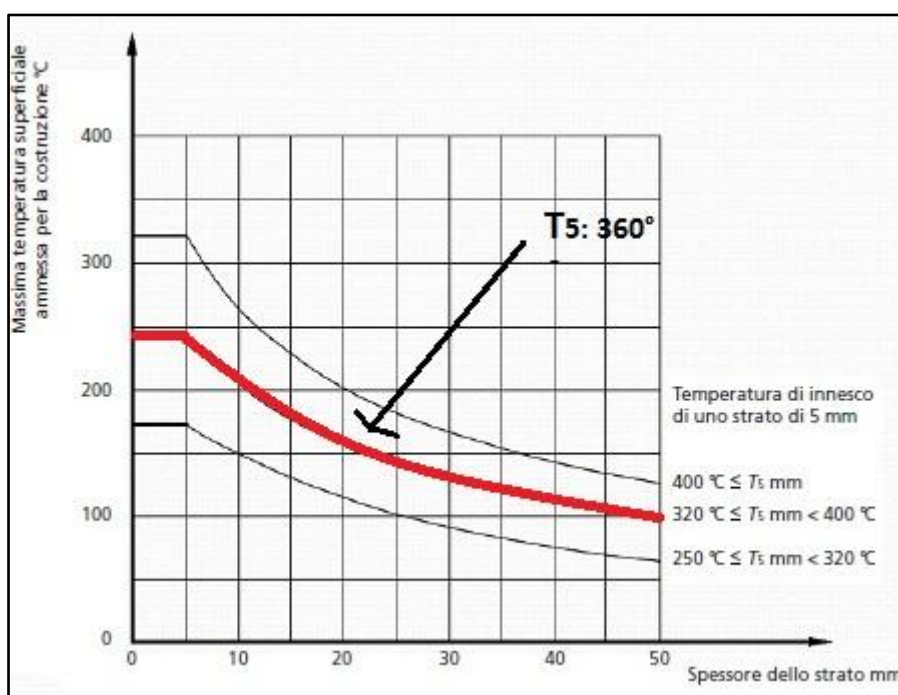


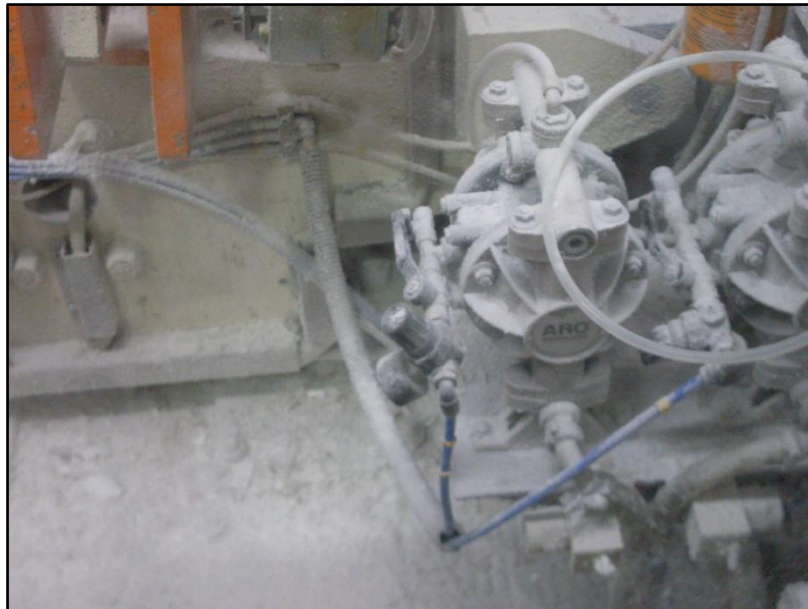
Fig. 6.1 – Andamento della Temperatura di accensione in funzione dello spessore dello strato

E' intuitivo capire che il diffondersi di un incendio sarebbe inaccettabile per l'azienda poiché comporterebbe:

- Esose spese per la manutenzione o sostituzione della linea danneggiata;
- Mancanti introiti derivanti dalla diminuzione della capacità produttiva;
- Perdite di considerevoli fette di mercato in favore di aziende concorrenti;
- Perdite di immagine.

L'impianto presenta già alcuni sistemi di sicurezza come ad esempio quelli di rilevazione scintille che agirebbero, se necessario, in input ad adeguate elettrovalvole che comandano l'azione di sprinkler ad acqua. Le scintille potrebbero originarsi in seguito ad attrito manifestatisi nel motore (alimentazione a cinghia) e per questo motivo il sistema di rilevazione è stato installato proprio sui motori.

Poiché tale sistema di prevenzione sarebbe utile solamente nel rischio incendio e non su quello di esplosione e poiché le conseguenze di un avvenimento del genere sarebbero pesantissime, è stato pensato di aggiungere un ulteriore sistema di prevenzione: l'attività di soffiaggio delle polveri.



**Fig. 6.2 – Pompa e pavimento cabina coperti da polvere**

In questo contesto è scaturita l'idea di progettare *un impianto di soffiaggio delle polveri*, il cui scopo ultimo è quello di automatizzare, almeno parzialmente, le azioni che compirebbe l'operatore con l'ausilio dell'aria compressa, con evidente riduzione dei tempi di pulizia di fine turno.

In particolare tale sistema automatico deve:

- Diluire la concentrazione di polvere in aria immettendone continuamente di nuova;
- Spazzare dalla polvere le superfici degli azionamenti posti a bordo linea;
- Pulire il pavimento dalla polvere depositatasi facilitando l'aspirazione dalle cappe presenti sui lati di ciascuna cabina.

## 6.2 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

Il sistema di soffiaggio polveri si presenta come un impianto di ventilazione azionato da un ventilatore centrifugo, dimensionato opportunamente in base alle perdite concentrate e distribuite presenti sulla linea.

A causa dei ridotti spazi della cabina è stato necessario posizionarlo ad un'altezza tale per cui non fosse pericoloso per l'incolumità dell'operatore, il quale più volte durante il turno è costretto ad entrare all'interno della cabina per guasti, micro fermate o settaggi vari.

Da un punto di vista tecnico il progetto non risulta complesso, infatti lo "spolveramento" delle carterature non esige particolari accorgimenti; l'unico problema risiede nella pulizia della zona a terra poiché è necessario che il soffio di aria immesso sia sufficiente a far *alzare* la polvere quanto basta per agevolare l'aspirazione da parte delle cappe presenti a bordo cabina, ma nel medesimo tempo non deve essere eccessivo provocando lo *svolazzamento*.

I sistemi di aspirazione a bordo linea infatti, per loro stessa natura, hanno una area di influenza molto ridotta che si esaurisce a breve distanza dalla cappa, cosicché, ogni volta che sono messi in funzione (questo capita a linea ferma), la depressione da essi generata non riesce a richiamare la polvere ormai stratificatasi a terra, se non in un breve intorno.

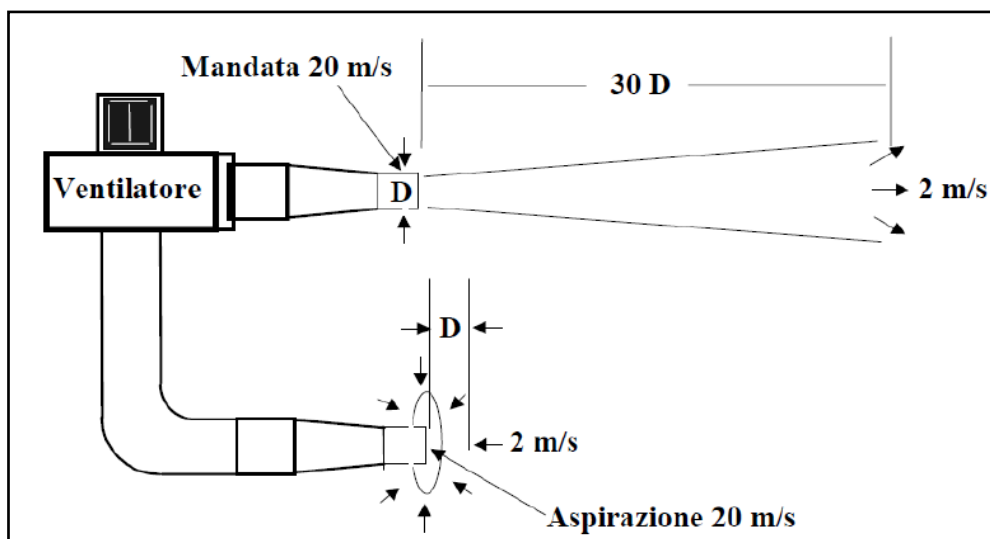


Fig. 6.3 – Differenze fluidodinamiche fra il campo velocità in mandata e quello in aspirazione



Il fine ultimo del soffiaggio è proprio questo: mettere in sospensione in aria la polvere depositata, facendone perdere la struttura coerente.

Una volta in sospensione, la polvere, ridotta in granuli il cui moto è completamente indipendente l'uno dall'altro, si comporta come *tracciante passivo* seguendo le traiettorie dei flussi che la sollecitano cosicché si può a buon diritto pensare che ad ogni metro cubo di aria aspirata dalla cappa sia in essa presente una certa concentrazione di polvere (fig.6.4).

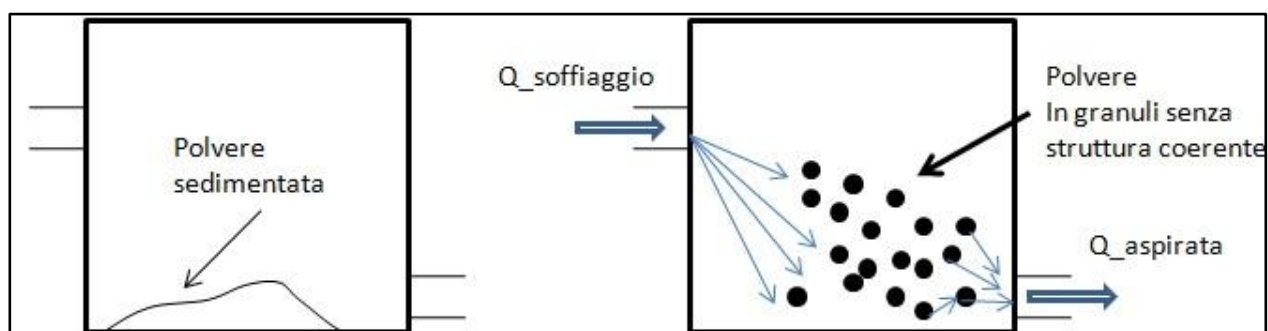


Fig. 6.4 – Principio teorico di funzionamento

Le cappe sono quattro per ogni lato cabina, posizionate a terra e a passo costante lungo l'intera lunghezza (fig.6.5); sono di forma tronco piramidale, con bocca di dimensione (300x150)mm.



Fig. 6.5 – Posizione e forma delle cappe di aspirazione a bordo cabina



La ventilazione da parte delle bocchette dovrà essere in grado di coprire tutta la superficie interessata; a tale proposito il loro passo dovrà essere dimensionato opportunamente e deve essere creato un meccanismo in grado di far ruotare la tubazione di mandata intorno al proprio asse di assialsimmetria in modo tale da far crescere l'area spazzata dal flusso anche in direzione trasversale.

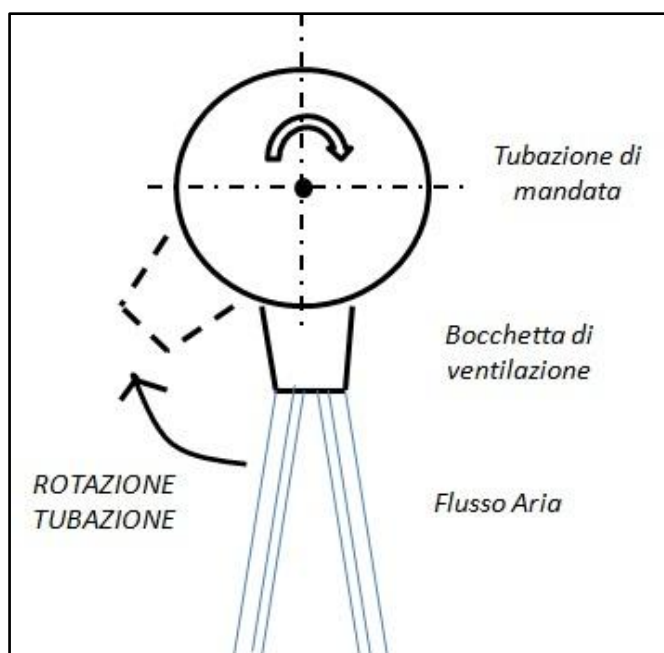


Fig. 6.6 – schema di funzionamento meccanismo rotazione

### 6.3 FLUIDODINAMICA DEI GETTI LIBERI

Il flusso di aria uscente dalle bocchette può essere classificato a buon diritto fra quelli che in fluidodinamica sono definiti *getti liberi piani stazionari*.

Risulta fondamentale per gli scopi progettuali una conoscenza base sui profili di velocità di quest'ultimi così da poter definire un passo fra le bocchette sufficiente a coprire, con determinate specifiche, la superficie di interesse.

Preme sottolineare che, poiché questa non è una trattazione di fluidodinamica, si riporterà nel prosieguo solamente le nozioni/formule fondamentali per il dimensionamento dell'impianto, tralasciando quelle che sono le equazioni che governano il fenomeno.

La caratteristica comune ai getti è la lenta variazione del moto medio in direzione longitudinale (quella perpendicolare alla superficie di efflusso); le osservazioni

sperimentali suggeriscono la validità della *ipotesi di autosimilarità* per la quale la struttura del moto medio e le proprietà statistiche della turbolenza dei getti si mantengono identiche procedendo verso valle, sono cioè rappresentabili dalle stesse funzioni purché la coordinata trasversale (quella ortogonale alla direzione del moto) venga normalizzata rispetto alla scala spaziale trasversale.

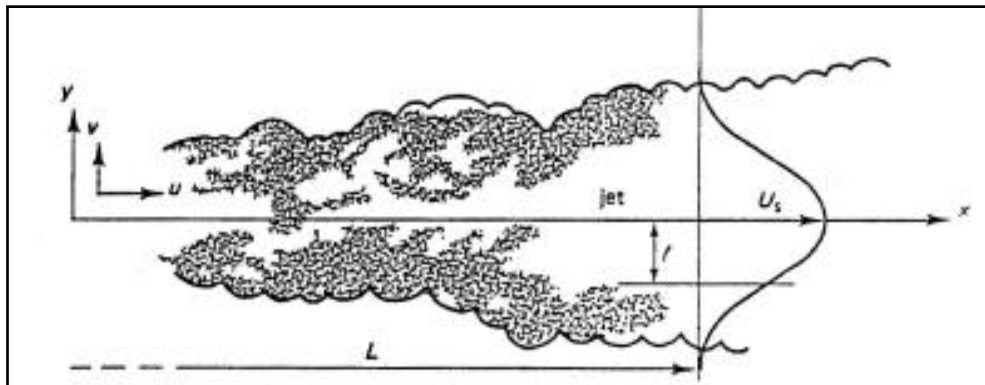


Fig. 6.7 – Schema del getto piano

L'ipotesi di stazionarietà del getto non è del tutto corretta a causa del movimento ma, se la rotazione del tubo di mandata è sufficientemente lenta, si può considerare il fenomeno ,con buona approssimazione, stazionario.

Definiamo i parametri caratteristici di un getto piano (vedi fig.6.8):

- $X$  = distanza ortogonale dalla bocchetta di mandata;
- $U_M$  = velocità massima del fluido alla distanza " $X$ " dalla bocchetta;
- $U_0$  = velocità del flusso all'uscita della bocchetta;
- $L$  = dimensione caratteristica della bocchetta di mandata;
- $\xi$  = distanza normalizzata dall'asse del getto;
- $l(x)$  = scala spaziale trasversale.

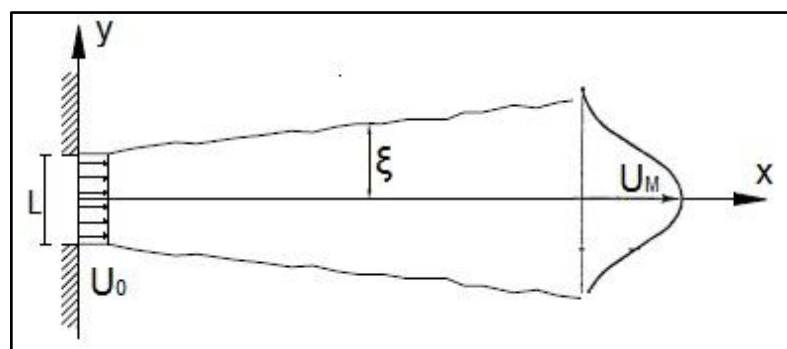


Fig. 6.8 – Parametri caratteristici getto piano

A seconda della forma della bocchetta, si distinguono due casi:

- Bocchetta di forma rettangolare;
- Bocchetta di forma assialsimmetrica.

Nel caso di bocchetta rettangolare abbiamo che:

- $U(\xi) = U_M \cdot \left( \operatorname{sech} \left( \frac{\xi}{\sqrt{2}} \right) \right)^2$ ;
- $U_M = 2.41 \cdot U_0 \left( \frac{L}{X} \right)^{\frac{1}{2}}$ ;
- $\xi = \frac{Y}{l(x)}$ ;
- $l(x) = 0.116 \cdot X$

Nel caso di bocchetta assialsimmetrica le formule sono:

- $U(\xi) = U_M \cdot (e^{-\xi^2})$ ;
- $U_M = 7 \cdot U_0 \cdot \left( \frac{L}{X} \right)$ ;
- $\xi = \frac{Y}{l(x)}$ ;
- $l(x) = 0.107 \cdot X$ .

L'ipotesi di autosimilarità si rivela sperimentalmente adeguata per valori di "X" superiori a 5L.

## 6.4 IMPIANTO PROTOTIPO

Dato fondamentale da dover fissare, prima di poter dimensionare qualsiasi elemento della tubazione di mandata, è “ $U_0$ ”, ovvero la velocità di efflusso dalle bocchette.

Prima ancora di fare considerazioni sulla divergenza del getto e sull’area da esso spazzata, è necessario determinare in quale range di valori  $U_0$  è sufficiente a creare una spinta idrodinamica tale da *sollevare* le polveri sedimentate senza però provocarne una eccessiva dispersione.

In letteratura sono presenti molti richiami fluidodinamici a quello che è il fenomeno del *trasporto di sedimenti* ma, a causa della incertezza sulla granulometria e sulla densità delle polveri cellulosiche e sul modo corretto di schematizzare la sedimentazione, affinché risultasse una simulazione almeno verosimile, è stato deciso di provare a studiare il fenomeno direttamente sul campo, tramite l’ausilio di un prototipo.

Il prototipo (fig.6.10) non è altro che una linea di ventilazione, provvista di bocchette di efflusso del tutto simili a quelle che dovranno essere dimensionate sull’impianto originale (fig.6.9); la linea di mandata è alimentata da un ventilatore centrifugo a sua volta calettato su un motore asincrono trifase a 2 poli (380V/50Hz) da 5.5KW, azionato da inverter.



Fig. 6.9 – Bocchette di efflusso

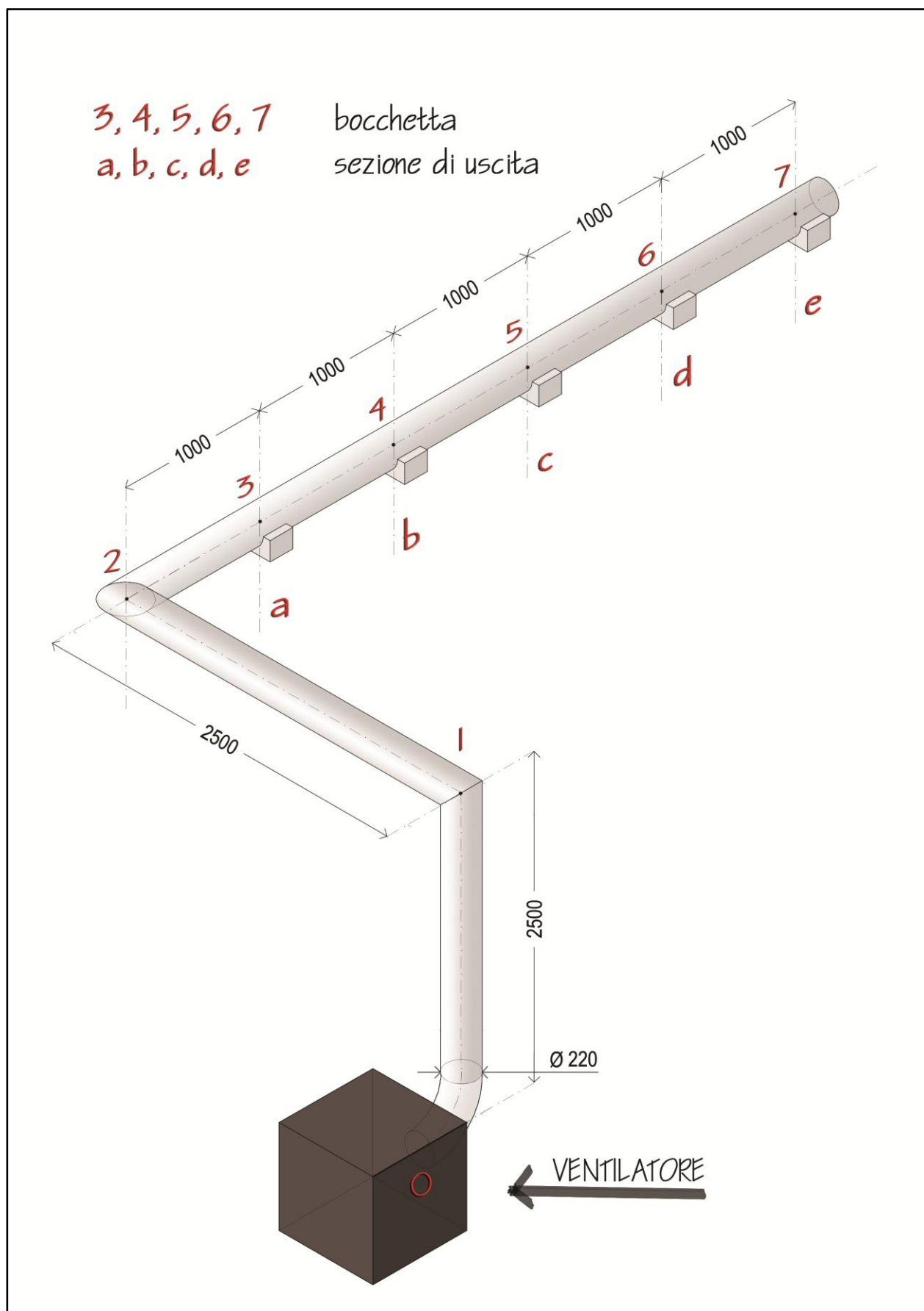


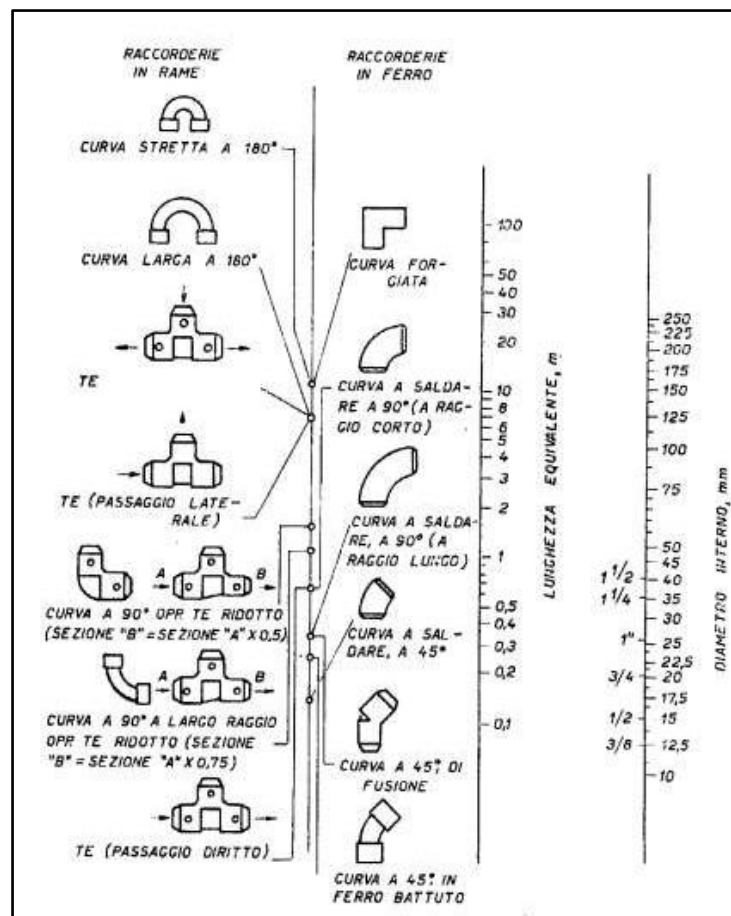
Fig. 6.10 – Layout del prototipo

Noto il disegno della linea si identificano e si dimensionano tutte le perdite di carico, concentrate e distribuite (fig.6.11).

Con riferimento al layout di fig.6.10, la tabella 6.1 riassume tutte quelle che sono le caratteristiche geometriche della linea necessarie a quantificare le perdite di carico.

dimensioni bocchetta	Base [mm]	390				
	Altezza [mm]	10				
	Area [m <sup>2</sup> ]	3.9*10 <sup>-3</sup>				
Diametro tubazione (costante per intera linea)	ϕ [mm]	220				
Rugosità (caratteristica dell'acciaio)	ε [cm]	0.006				
Definizione perdite concentrate	3 gomiti a 90°					
	5 raccordi a T con brusca deviazione flusso					
	5 brusche riduzioni sezione in corrispondenza delle sezioni di efflusso					
Coefficiente resistenza (valutato per ogni tratto della linea e al variare della portata)						
	Qv = 1 m3/s	Qv = 0.9 m3/s	Qv = 0.8 m3/s	Qv = 0.7 m3/s	Qv = 0.6 m3/s	Qv = 0.5 m3/s
f (0-3)	0.016	0.016	0.017	0.017	0.017	0.017
f (3-4)	0.017	0.017	0.017	0.017	0.018	0.018
f (4-5)	0.017	0.017	0.018	0.018	0.018	0.019
f (5-6)	0.018	0.018	0.019	0.019	0.019	0.020
f (6-7)	0.020	0.020	0.020	0.021	0.022	0.023

**Tab. 6.1 – Definizione caratteristiche della linea per calcolo delle perdite**



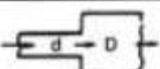
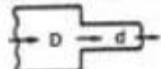
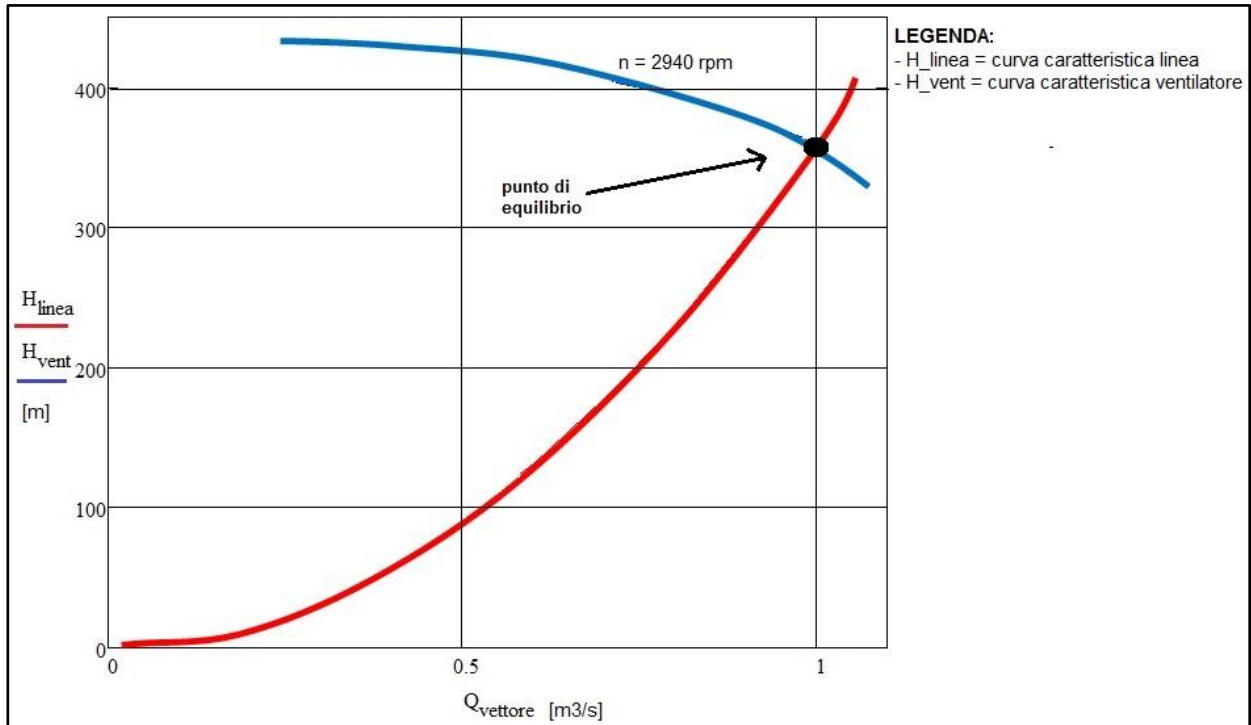
	Brusco allargamento, $d/D$			Brusca contrazione, $d/D$		
	1/4	1/2	3/4	1/4	1/2	3/4
Diametro nominale [mm]						
10	0,4	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
15	0,5	0,3	0,1	0,3	0,3	0,1
20	0,8	0,5	0,2	0,4	0,3	0,2
25	1,0	0,6	0,2	0,5	0,4	0,2
32	1,4	0,9	0,3	0,7	0,5	0,3
40	1,8	1,1	0,4	0,9	0,7	0,4
50	2,4	1,5	0,5	1,2	0,9	0,5
65	3,0	1,9	0,6	1,5	1,2	0,6
80	4,0	2,4	0,8	2,0	1,5	0,8
90	4,6	2,8	0,9	2,3	1,8	0,9
100	5,2	3,4	1,2	2,7	2,1	1,2
125	7,3	4,6	1,5	3,7	2,7	1,5
150	8,8	6,7	1,8	4,6	3,4	1,8
200	-	7,6	2,6	-	4,6	2,6
250	-	9,8	3,4	-	6,1	3,4
300	-	12	4,0	-	7,6	4,0
350	-	-	4,9	-	-	4,9
400	-	-	5,5	-	-	5,5
450	-	-	6,1	-	-	6,1
500	-	-	-	-	-	-
600	-	-	-	-	-	-

Fig. 6.11 – Nomogrammi per la definizione delle perdite concentrate

Come già accennato, il ventilatore è di tipo centrifugo; se ne riporta la caratteristica impiantistica alla velocità nominale in fig.6.12, rappresentata dalla curva blu, mentre la curva prevalenza/portata propria della linea è definita con la curva rossa: il punto di intersezione esprime le condizioni di funzionamento.



**Fig. 6.12 – Punto di lavoro dell'impianto prototipo**

Per poter disegnare la curva caratteristica della linea (costruzione per punti) era necessario quantificare il coefficiente di attrito; a rigore il valore di tale parametro cambia al variare della velocità del fluido nella tubazione (vedi i *Diagrammi di Moody*). Per questo motivo è stato valutato per ogni tratto della tubazione al variare della portata.

I valori presentati in tab.6.1 sono stati calcolati ipotizzando inizialmente che la portata elaborata dal ventilatore fosse smaltita uniformemente da ognuna delle cinque bocchette, senza considerare che le perdite distribuite lungo il condotto determinano una variazione di tale distribuzione rispetto al valore medio.

Si è innescato di conseguenza un *processo iterativo* nel quale a posteriori veniva valutato l'errore derivante dall'approssimazione iniziale.



Definiti:

- $Q_{vj}$  = portata elaborata dal ventilatore ;
- $j \in [1; 6]$  = pedice che caratterizza la portata elaborata dal ventilatore ;
- $N_{bocchette} = 5$  = numero bocchette ;
- $i \in [1; 5]$  = pedice che caratterizza il tratto della tubazione ;
- $Q_{ji}$  = portata media in ogni tratto della tubazione ;
- $Q_{true_{ji}}$  = portata reale in ogni tratto di tubazione .

Si ottiene che:

$$\bullet \quad \text{err}_{\max} = \text{MAX} \left| \frac{f(Q_{ji}) - f(Q_{true_{ij}})}{f(Q_{ji})} \right| \cdot 100 \leq 5\% .$$

Tale errore è stato considerato più che accettabile.

A posteriori si conferma quanto precedentemente ipotizzato: i valori delle velocità in efflusso dalle bocchette differiscono dal valore medio in maniera del tutto trascurabile.

L'azionamento del motore tramite inverter offre la possibilità, regolando la frequenza di alimentazione, di variarne il numero di giri e di conseguenza la portata e prevalenza fornita dal ventilatore. Si ricorda infatti che la portata varia linearmente al variare del numero di giri dell'asse, mentre la prevalenza varia con una legge di tipo quadratica.

Definito:

- $n$  = numero giri motore;
- $Q$  = portata ventilatore;
- $H$  = prevalenza ventilatore.

Abbiamo che:

$$\bullet \quad \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2},$$

$$\bullet \quad \frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2 .$$

Fissate le proprietà della tubazione e del ventilatore, è stato possibile, tramite l'utilizzo di un foglio di calcolo, determinare le caratteristiche fluidodinamiche del flusso all'uscita delle bocchette in funzione della portata fornita dal ventilatore e quindi del numero di giri

dell'asse-motore; per ottenere questo scopo è stato sufficiente impostare un sistema di equazioni basate sulla legge di Bernoulli: modificando, come dato di input, la portata in ingresso, se ne ottenevano i differenti risultati.

Per non appesantire eccessivamente la trattazione si riporta semplicemente i risultati di questa simulazione sotto forma di grafico (fig.6.13).

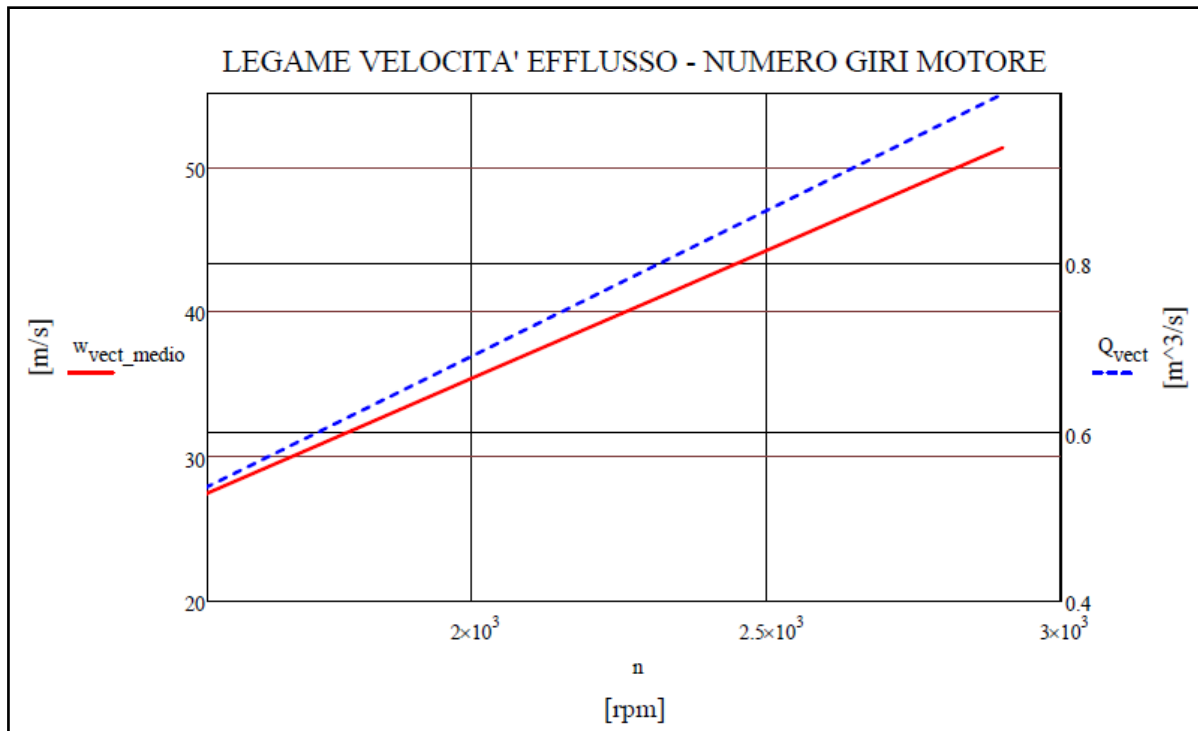


Fig. 6.13 – Risultati simulazione

Il grafico rappresenta in ascissa il valore delle velocità dell'asse motore, ottenute modificando la frequenza di alimentazione; lungo l'asse primario delle ordinate è invece presentata la velocità media di efflusso dalle bocchette; infine l'asse secondario delle ordinate mostra la portata fornita dal ventilatore.

A fine di ogni turno, quando il problema di sedimentazione delle polveri risultava più gravoso, si sono effettuate le prove con il prototipo e si sono stabilite quali erano le condizioni di lavoro del ventilatore per le quali l'aspirazione da parte delle cappe, poste a lato cabina (vedi fig.6.5), erano agevolate e quali condizioni invece erano insufficienti o addirittura dannose, creando una vera e propria "nube" di polvere cellulosica, talmente dispersa da non poter essere aspirata.

Nota la frequenza di alimentazione e di conseguenza la velocità di rotazione dell'asse motore, l'utilizzo del grafico di fig.6.13 ha reso possibile quantificare quindi quale era il range delle velocità di efflusso da imporre come condizione di progetto per il dimensionamento dell'impianto vero e proprio.

In definitiva si conclude che:

- $U_{0\_max} = 40 \frac{m}{s}$  ;
- $U_{0\_min} = 25 \frac{m}{s}$  .

A queste velocità in uscita dalle bocchette corrisponde, secondo le leggi presentate nel paragrafo 6.3, una velocità sull'asse a livello della pavimentazione (distante 2500mm) pari a:

- $U_{M\_max} = 2.41 \cdot U_{0\_max} \left( \frac{0.390}{2.5} \right)^{\frac{1}{2}} = 38 \frac{m}{s}$  ;
- $U_{M\_min} = 2.41 \cdot U_{0\_min} \left( \frac{0.390}{2.5} \right)^{\frac{1}{2}} = 23.8 \frac{m}{s}$  .

## 6.5 DIMENSIONAMENTO BOCCHETTE DI SOFFIAGGIO

Nel paragrafo precedente sono state stabilite le specifiche tecniche per la progettazione dell'impianto finale; come già accennato, le dimensioni e il passo delle bocchette dovranno essere tali che il getto di aria, a livello della pavimentazione, abbia un profilo complessivo di velocità compreso nel range sopra determinato.

Per quanto concerne la forma della bocchetta, è stata preferita una di forma rettangolare e non assialsimmetrica poiché con questa tipologia, il flusso presenta una maggiore divergenza (vedi equazioni riportate nel par.6.3). Il numero delle stesse deve essere tale da coprire l'intera lunghezza della cabina, pari a 8885mm (vedi planimetria di fig.4.1).

Lo schizzo di fig.6.14 rappresenta schematicamente la tubazione di mandata con i relativi dati da stabilire.

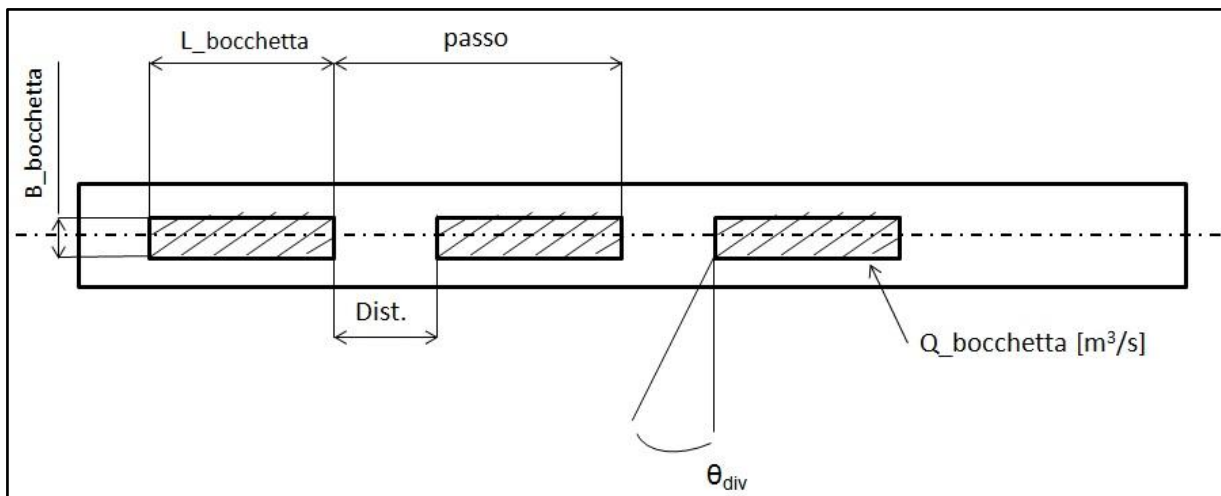


Fig. 6.14 – Parametri da definire per il dimensionamento finale

In sintesi devono essere definiti:

- $Q_{bocchetta}$  = portata d'aria in uscita da ogni bocchetta;
- $B_{bocchetta}$  = lato minore della sezione di uscita della bocchetta;
- $L_{bocchetta}$  = lato maggiore della sezione di uscita della bocchetta;
- Passo = distanza fra le bocchette;
- $\theta_{div}$  = angolo di divergenza del flusso.

Il valore della portata elaborata dall'impianto deve essere, per l'equazione di continuità, uguale a quella aspirata dall'impianto di captazione.

Essendo:

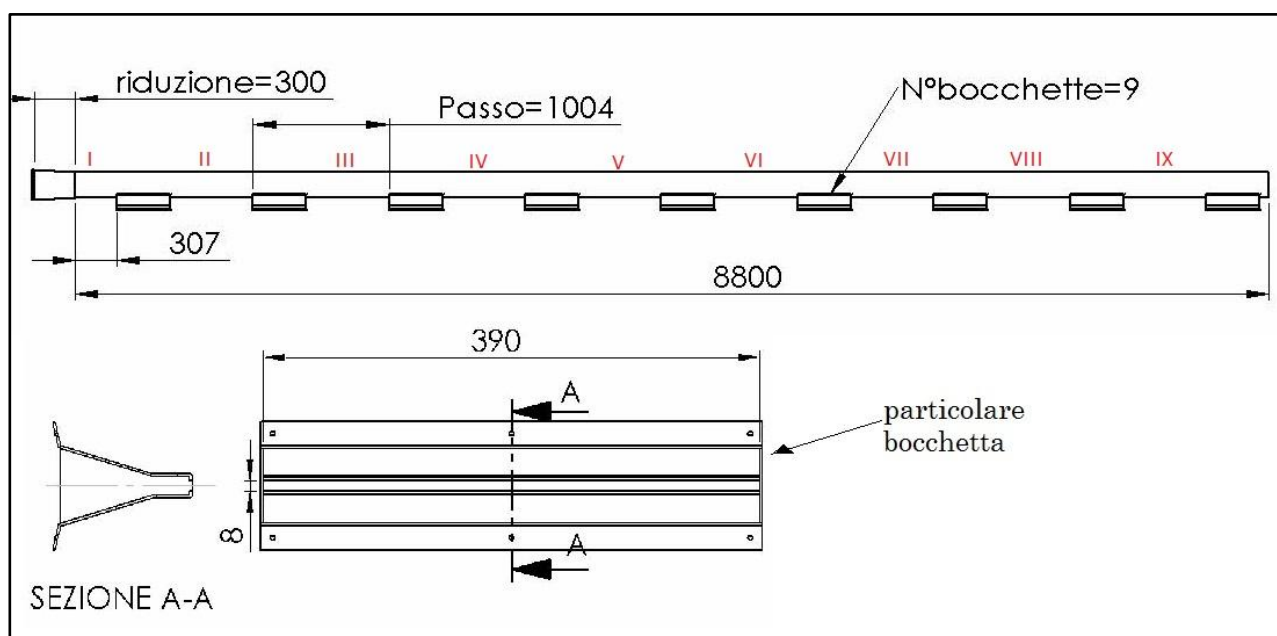
- $Q_{\text{cappa}} = 0.276 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$  = portata aspirata da ogni singola cappa;
- $N_{\text{cappe}} = 4$  = numero cappe per ogni lato linea.

Allora:

- $Q_{\text{soffiaggio}} = 0.276 \cdot 4 = 1,1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ .

Per quanto riguarda la determinazione dei restanti parametri, come avvenuto nel caso del prototipo, il risultato finale è stato ottenuto con un processo iterativo tramite ausilio di un foglio di calcolo.

Si riportano le dimensioni della sezione di efflusso delle bocchette e i dati di interesse progettuale ad esse annessi.



**Fig. 6.15 – Rappresentazione della tubazione di mandata e delle dimensioni di importanza progettuale**

Per una piena comprensione viene anche presentata una pagina del foglio di calcolo con le relazioni che hanno portato alla soluzione (in giallo sono segnati i dati di input del procedimento).

$L_{\text{cabin}} := 8885$	lunghezza della cabina [mm]
$Q_{\text{cappa}} := 0.276$	portata volumetrica aspirata da ogni cappa di aspirazione [m <sup>3</sup> /s]
$N_{\text{cappe}} := 4$	numero cappe di aspirazione per ogni lato
$b_{\text{soffiaggio}} := 8$	dimensioni aperture soffiaggio dell'impianto finale [mm]; perchè l'ipotesi di getto piano sia corretta dovrà essere ( $L_{\text{soffiaggio}} \gg b_{\text{soffiaggio}}$ )
$Q_{\text{soffiaggio\_tot}} := Q_{\text{cappa}} \cdot N_{\text{cappe}} = 1.104$	portata elaborata dall'impianto di soffiaggio [m <sup>3</sup> /s]
$w_{\text{max\_soff}} = 40$	velocità efflusso da progetto [m/s]
$\theta_{\text{grad}} := 7$	Angolo di divergenza flusso
$N_{\text{bocchette}} := 1$	$L_{\text{soffiaggio}} := 0.1$
Given	
$L_{\text{soffiaggio}} - \frac{\frac{Q_{\text{soffiaggio\_tot}}}{N_{\text{bocchette}}}}{\left( \frac{b_{\text{soffiaggio}}}{1000} \cdot w_{\text{max\_soff}} \right)} = 0$	
SISTEMA RISOLVENTE	
$\frac{L_{\text{cabin}}}{1000} - \left( L_{\text{soffiaggio}} + \frac{2L_1}{1000} \cdot \tan\left( \theta_{\text{grad}} \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right) \cdot N_{\text{bocchette}} = 0$	
$\begin{pmatrix} L_{\text{soffiaggio}} \\ N_{\text{bocchette}} \end{pmatrix} := \text{Find}(L_{\text{soffiaggio}}, N_{\text{bocchette}}) = \begin{pmatrix} 0.39 \\ 8.853 \end{pmatrix}$	
RISULTATI FINALI	
passo di distanza delle bocchette [mm]	
$\text{passo}_{\text{bocchette}} := 2L_1 \cdot \tan\left( \theta_{\text{grad}} \cdot \frac{\pi}{180} \right) + L_{\text{soffiaggio}} \cdot 1000 = 1.004 \times 10^3$	

Fig. 6.16 – Foglio di calcolo.

Ricapitolando, si ottiene:

- $Q_{\text{bocchetta}} = 0.122 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ ;  $B_{\text{bocchetta}} = 8 \text{ mm}$ ;  $L_{\text{bocchetta}} = 390 \text{ mm}$ ;
- Passo = 1004 mm;  $N^{\circ}_{\text{bocchette}} = 9$ ;  $\Theta_{\text{div}} = 7^{\circ}$ .

E' fondamentale precisare che il sistema risolvete di fig.6.16 si basa su una ipotesi non del tutto veritiera: in prima approssimazione è stata valutato che la portata elaborata da ognuna delle sezioni di efflusso sia la media, sul numero di bocchette, di quella totale fornita dal ventilatore. Tale affermazione non tiene conto delle perdite di carico che vi sono lungo la tubazione che provocano una leggera differenziazione delle velocità di efflusso rispetto al valore medio di 40 m/s.

Poiché le perdite sono solamente distribuite e il valore del *passo* è piuttosto contenuto tali variazioni di velocità, e quindi di portata, sono state considerate, a posteriori, trascurabili.

Il profilo delle velocità che se ne ottiene, previa ipotesi precedente, a distanza di 2500mm, ovvero a livello del pavimento, è il seguente.

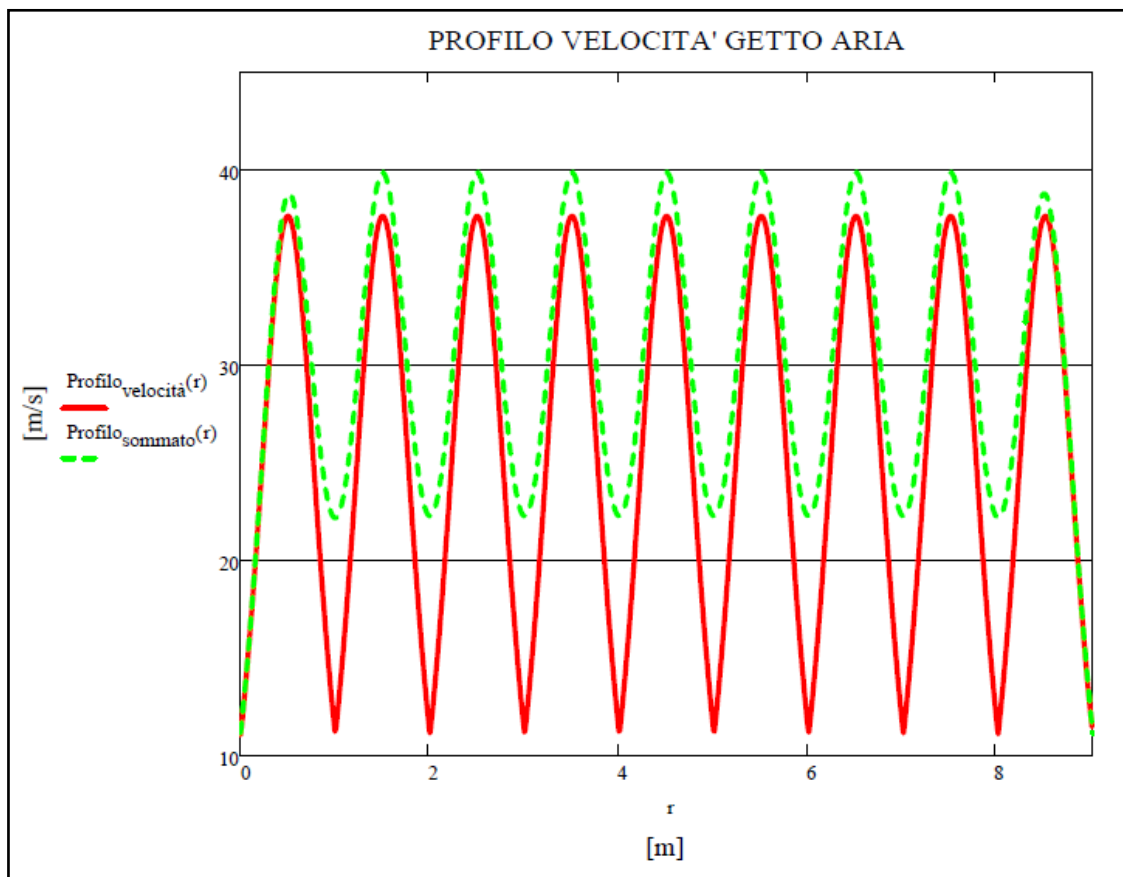


Fig. 6.17 – Profilo di velocità del getto di aria a distanza 2500mm dalla sezione di uscita

L'asse delle ascisse rappresenta la lunghezza della cabina mentre in ordinate sono evidenziate:

- Il profilo velocità di ognuna delle nove bocchette (in rosso);
- Il profilo delle velocità complessivo (in verde).

Quest'ultimo presenta dei valori massimi e minimi leggermente al di fuori da quelle che erano le richieste iniziali ma, nonostante ciò, sono stati considerati comunque accettabili.

## **6.6 DIMENSIONAMENTO DEL VENTILATORE E DELLA TUBAZIONE**

Fissati con precisione la portata che deve elaborare il ventilatore, il numero e le dimensioni delle bocchette e infine la lunghezza della tubazione nel tratto di mandata, non resta che dimensionare la linea di ventilazione e in particolar modo:

- $\Phi$  = diametri della tubazione; sono più di uno nel caso quest'ultima sia costante a tratti;
- $H_v$  = prevalenza del ventilatore.

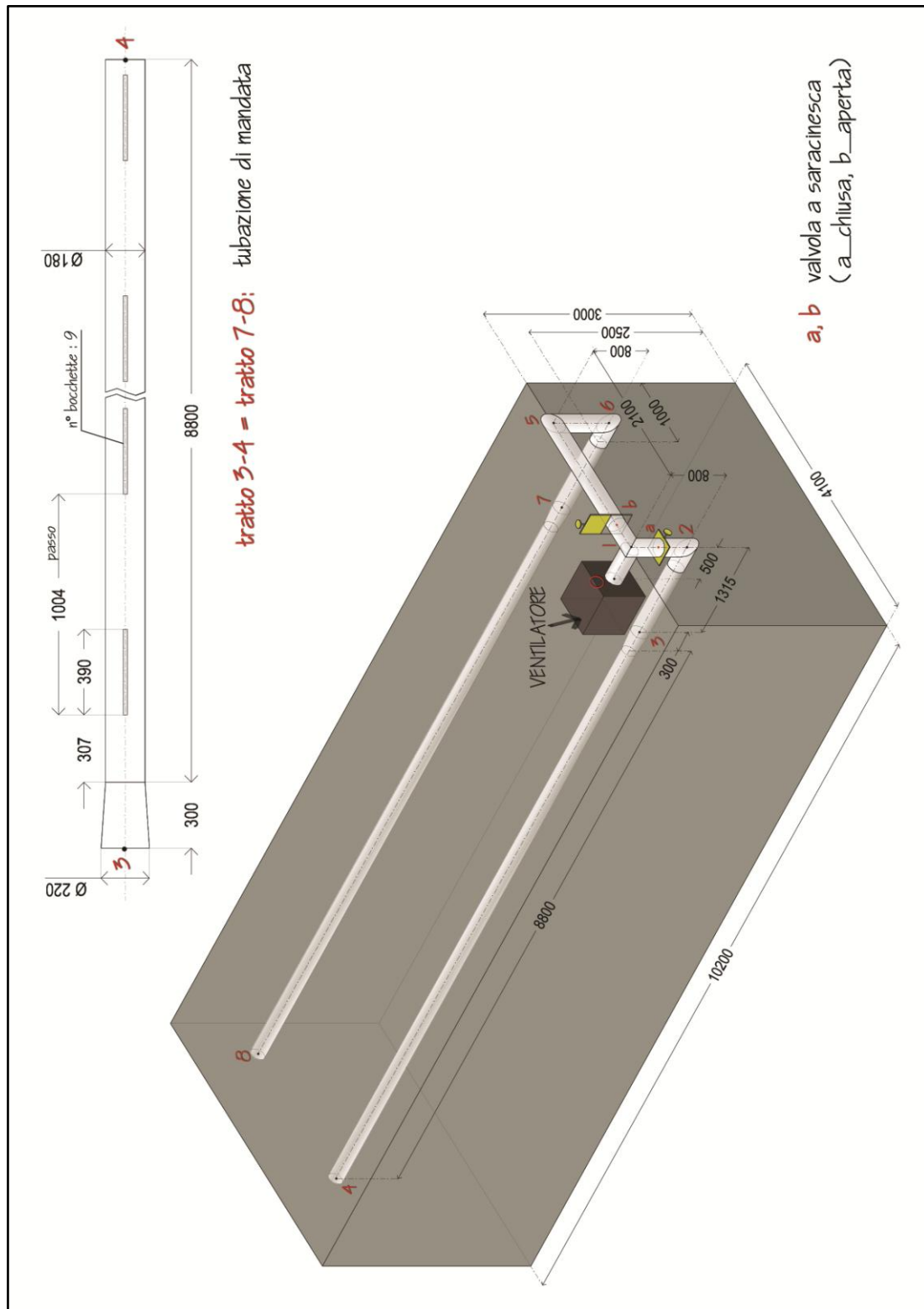
Affinché sia possibile questo ultimo dimensionamento è necessario conoscere il percorso della tubazione, per poterne individuare le perdite concentrate.

Osservando la fig.6.18 si nota, come già accennato, la presenza di due linee di mandata, una per ogni lato cabina.

Quest'ultime non lavorano mai insieme: le valvole a saracinesca poste immediatamente a valle del ventilatore infatti si aprono o si chiudono alternativamente.

Per poter determinare la prevalenza massima richiesta al ventilatore è necessario che questo venga valutato nel caso più gravoso, ovvero in quello in cui "lavora" la tubazione di mandata più lontana.





Con riferimento alle annotazioni di fig.6.15 e al layout di fig. 6.18, parimenti a quanto fatto per la *linea prototipo*, si riassumono in una tabella tutti le caratteristiche necessarie per definire l'impianto e le perdite concentrate in esso presenti.

dimensioni bocchette	Base [mm]	390
	Altezza [mm]	8
	Area [m <sup>2</sup> ]	0,00312
Diametro tubazione (costante a tratti)	φ1 [mm]	220
	φ2 [mm]	180
Rugosità (rugosità caratteristica dell'acciaio)	ε [cm]	0.006
Coefficiente resistenza (valutato in ogni tratto della tubazione)	f(φ1)	0.016
	f(I)	0.016
	f(II)	0.017
	f(III)	0.017
	f(IV)	0.017
	f(V)	0.017
	f(VI)	0.017
	f(VII)	0.018
	f(VIII)	0.019
Definizione perdite concentrate	3 gomiti a 90°	
	9 raccordi a T con brusca deviazione flusso	
	9 brusche riduzioni sezione in corrispondenza delle sezioni di efflusso	
	1 valvola a saracinesca	

Tab. 6.2 – Definizione caratteristiche della linea di soffiaggio per calcolo delle perdite

Ancora una volta un sistema di equazioni basate sulla legge di Bernoulli e i nomogrammi di fig.6.11, permettono di calcolare il valore della prevalenza che il ventilatore deve essere in grado di fornire.

- $H_v$  = prevalenza ventilatore = 310 m = 372 daPa.

il coefficiente di attrito è stato valutato, per ogni tratto della tubazione, con la medesima ipotesi utilizzata nel caso del dimensionamento del prototipo, ottenendo a posteriori un errore accettabile. La scelta finale ricade su un ventilatore centrifugo “*Ferrari*”, di cui riportiamo la scheda.

Tipo / Type / Typ						[m3/s]													
Ventilatore Fan Ventilateur Ventilator	Motore Motor Moteur Motor	KW ass.	KW inst.	n	dB/A*	0,26	0,3	0,33	0,37	0,42	0,47	0,53	0,60	0,67	0,75	0,85	0,95	1,06	1,18
						[daPa]													
FI 401 N4A	90 L2	1,8	2,2	2650	78	290	285	280	275	265	250	235	210	180	150				
FI 451 N4A	112 M2	3,5	4	2910	81				385	380	375	370	360	345	320	290	250	210	
FI 502 N4A	112 M2	3,9	4	2910	83							425	420	415	405	390			
FI 502 N4A	132 SA2	5,0	5,5	2890	81							425	420	415	405	390	370	345	305
FI 501 N4A	132 SA2	5,4	5,5	2890	87							480	475	470	460	445	420	390	
FI 501 N4A	132 SB2	6,2	7,5	2890	87							480	475	470	460	445	420	390	350

Fig. 6.19 – Scheda tecnica ventilatore *Ferrari*

Per quanto concerne il sistema che avrebbe dovuto far ruotare la tubazione, inizialmente era stato installato sul prototipo un azionamento pneumatico.

Un pistone esercitava la spinta sulla estremità di un braccio vincolato al tubo: il momento torcente che ne nasceva determinava il moto.

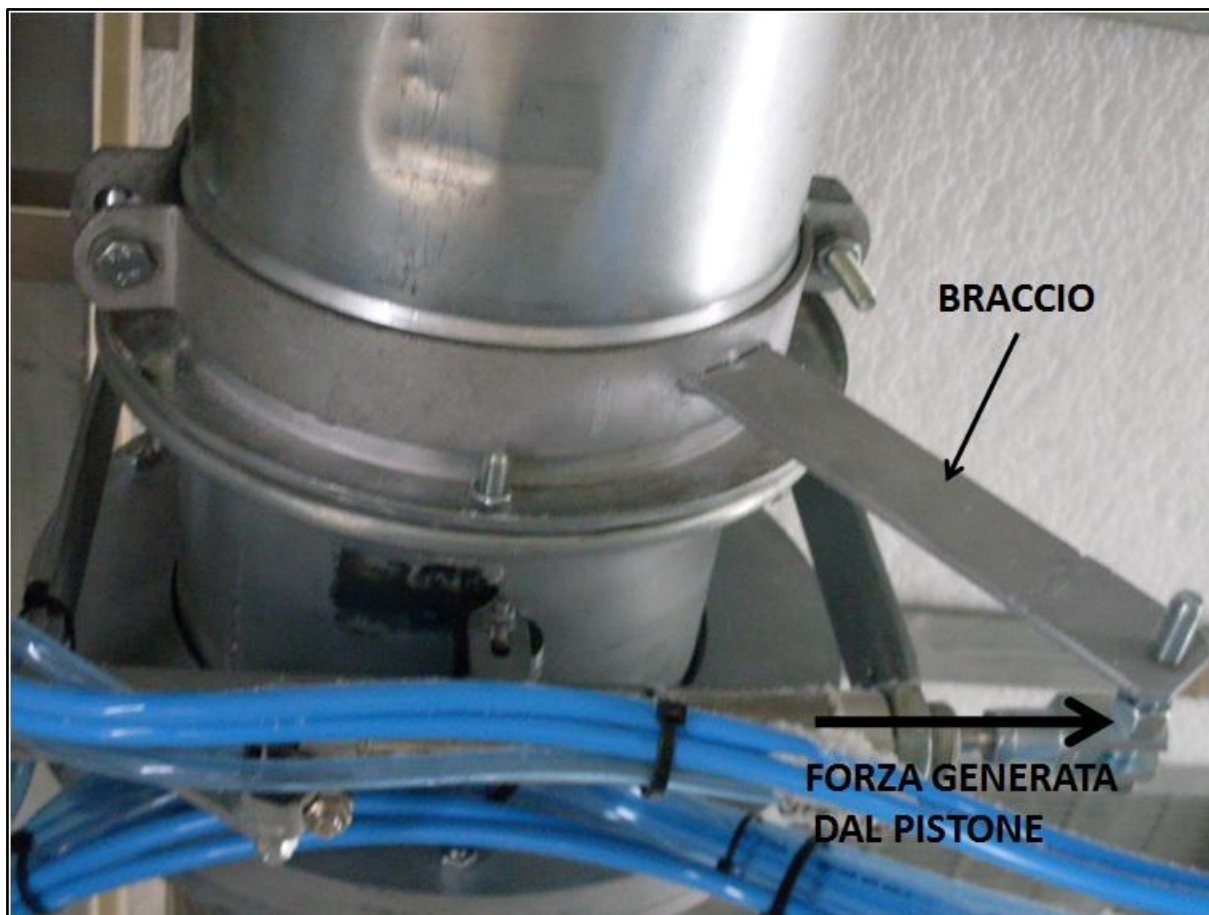


Fig. 6.20 – Sistema rotazione prototipo

Un azionamento del genere aveva notevoli limiti ogni qualvolta il sistema doveva fermarsi e poi ripartire, a causa il fenomeno dello *stick-slip*: il passaggio fra l'attrito statico e quello dinamico determinava il caratteristico movimento a scatti, nei casi migliori; nei casi peggiori addirittura il sistema si *impuntava*.

Per questi motivi, nel momento in cui doveva essere ideato un sistema di rotazione per l'impianto di soffiaggio vero e proprio, è stato preferito un rotismo ad un azionamento di questo tipo.

## Cap.7 – PROGETTAZIONE MECCANISMO DI ROTAZIONE TUBO

Come già spiegato, la tubazione di mandata viene provvista di meccanismo che le permette di muoversi intorno al proprio asse così da poter spazzare l'intera area del corridoio.

La necessità di avere velocità di rotazione estremamente basse ci ha portato a scegliere come sistema di azionamento un motoriduttore elettrico; tale esigenza è dovuta in modo particolare a due ragioni:

- Per facilitare l'avviamento del motore;
- Per rendere il flusso di aria il più possibile *stazionario*.

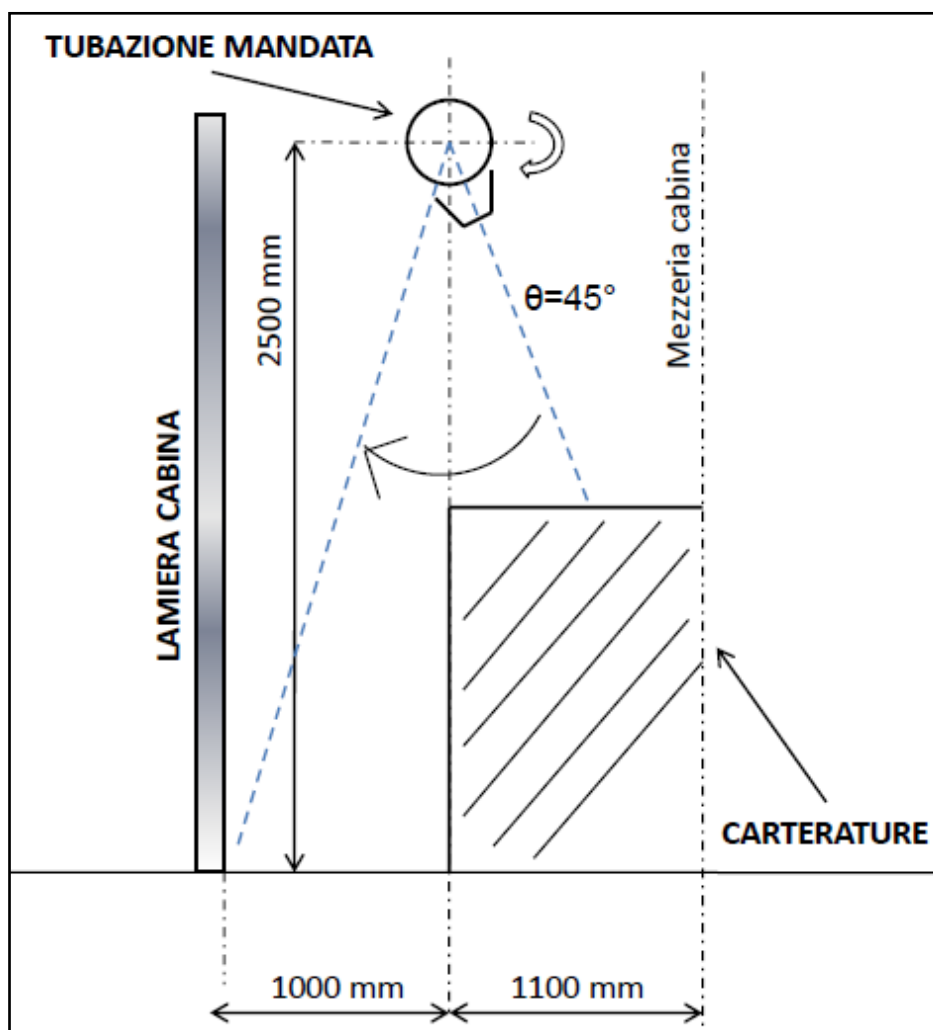


Fig. 7.1 – Dimensioni di riferimento per il calcolo dell'angolo di rotazione

Viste le distanze in gioco (fig.7.1), il tubo deve ruotare di 45° per poter soffiare sulle carterature dei gruppi della linea e per pulire il corridoio posto a lato cabina.

Da specifica si impone che:

- $\theta_{\text{rotazione}} = 45^\circ = 0.785 \text{ rad}$  ;
- $t_{\text{rotazione}} \approx 5 \text{ s}$  ;
- $\omega_{\text{regime}} = \frac{\theta_{\text{rotazione}}}{t_{\text{rotazione}}} = 0.157 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$  .

La figura 7.2 riassume le specifiche da catalogo del motoriduttore, il quale presenta un motore a corrente continua a magneti permanenti con alimentazione da 24V e, in serie a questo, un riduttore epicycloidale.


 <p><b>II MOTORIDUTTORE COASSIALE AD INGRANAGGI CON RIDUTTORE EPICICLOIDALE</b>  <b>MOTORE:</b> a corrente continua a magneti permanenti, in forma chiusa con ventilazione esterna. Avvolgimento classe F. Alimentazione a 12 o 24Vcc. Potenza assorbita 60 W. Protezione IP65 secondo norme CEI EN 60529.  <b>RIDUTTORE:</b> primo stadio con carcassa in alluminio pressofuso, secondo stadio in acciaio. Ingranaggi cementati e temperati con relativi alberi ruotanti su cuscinetti a rulli. Lubrificazione con olio speciale a lunga durata. Anelli di tenuta in gomma speciale per alte temperature. I rapporti di riduzione disponibili (i) sono 15, da 37 a 2209,5. Coppia nominale 23,5 Nm. Versione B3 o B5.</p>								
Tipo Type Typ Type Tipo	Rapporto Ratio Übersetzungs- verhältnis Rapport Relación	Tensione Voltage Spannung Voltage Tensión	Corrente Current Strom Courant Intensidad	Potenza assorbita Absorbed power Aufgenommene Leistung Puissance absorbée Potencia absorbida	Potenza resa Delivered power Abgegebene Leistung Puissance développée Potencia entregada	Giri entrata Input r.p.m. Eingangsdrehzahl unbelastet Tours en entrée Revoluciones entrada	Giri uscita Output r.p.m. Ausgangsdrehzahl unbelastet Tours à la sortie Revoluciones salida	Coppia nominale Rated torque Nenn-dreh- moment Couple nominal Par nominal
	i	V	A	W	W	rpm	rpm	Nm
ACCE 12MP	703	12	2,2	26	12	3350	4,8	23,5
ACCE 24MP	703	24	1,1	26	12	3350	4,8	23,5

Fig. 7.2 – Scheda tecnica motoriduttore *Minimotor*

La velocità in uscita al motoriduttore è pari a 4.8 rpm.

Per potersi attenere alle condizioni iniziali di progetto è necessario porre in serie al motore una ulteriore riduzione:

- $\tau \approx \frac{\omega_{\text{motore}}}{\omega_{\text{regime}}} = \frac{1}{3}$  ;

Per esigenze di ingombro e di facilità costruttiva è stato deciso di risolvere la problematica tramite il montaggio di un solo accoppiamento ad ingranaggi.

Concludendo, si ottiene che:

- $\omega_{\text{regime eff}} = \omega_{\text{motore}} \cdot \tau = 1.6 \text{ rpm} = 0.167 \frac{\text{rad}}{\text{s}} ;$
- $t_{\text{rotazione eff}} = \frac{\theta_{\text{rotazione}}}{\omega_{\text{regime eff}}} = 4.7 \text{ s} .$

In fig.7.3 viene presentato uno schema meccanico dell'intero progetto, dal sistema di azionamento fino alla tubazione di mandata.

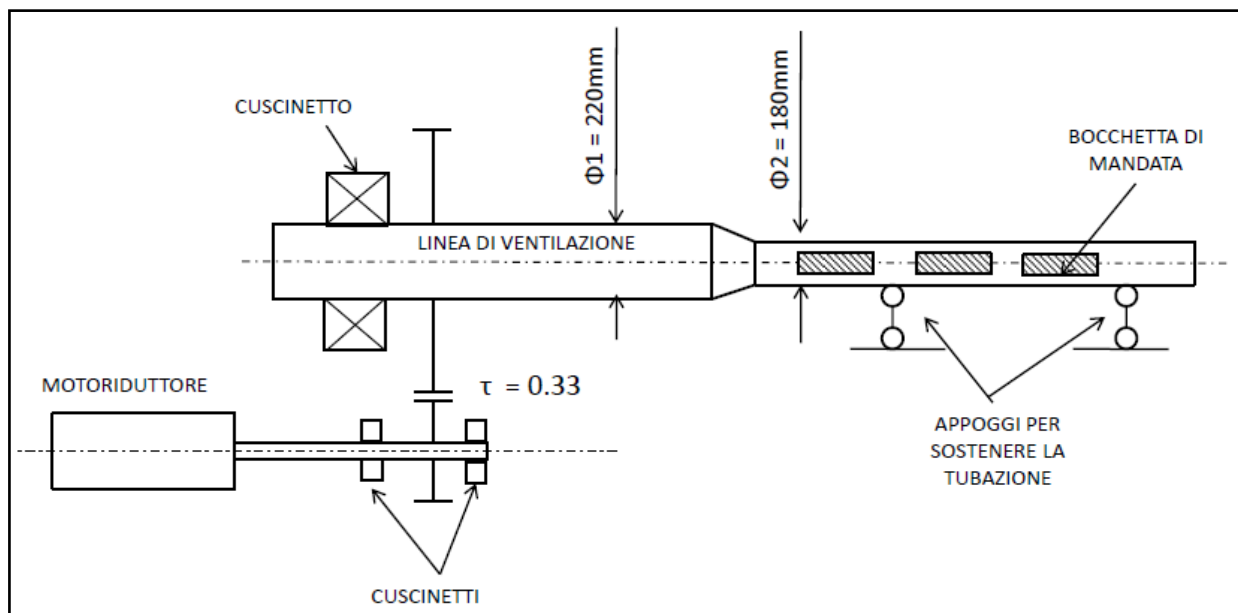


Fig. 7.3 – schema meccanico sistema di rotazione

## 7.1 DESCRIZIONE DEI PARTICOLARI MECCANISMO

In figura 7.4 è rappresentato il sistema di movimentazione della tubazione.

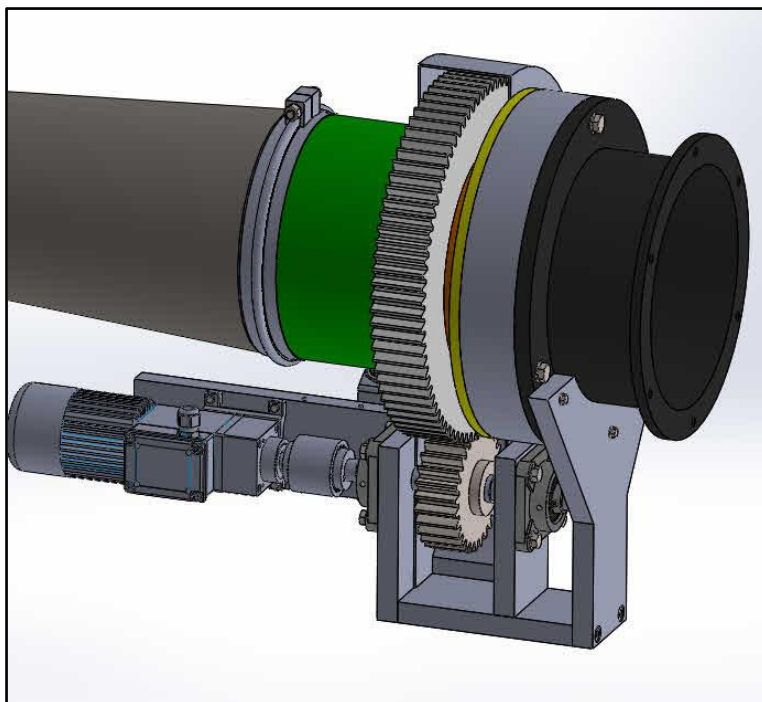
Come precedentemente accennato, un motoriduttore elettrico aziona, tramite un giunto, un albero su cui è calettata una ruota dentata; tale collegamento ad ingranaggi mette in rotazione l'asse-tubazione.

Il tubo di mandata è collegato alla flangia in verde mediante ausilio di una fascetta stringitubo.

L'intero impianto è sostenuto, come verrà descritto nel prosieguo, con delle staffe di rotazione, a loro volta flangiate opportunamente alla cabina.

Per motivi di sicurezza l'intera macchina è stata provvista, una volta messa in funzione, di carter di protezione.

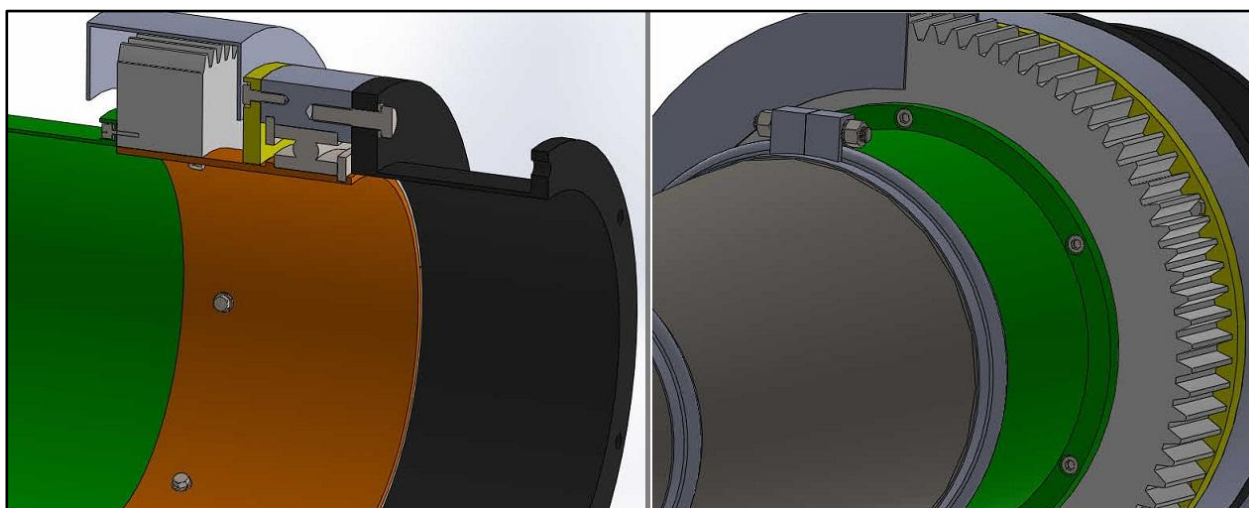




**Fig. 7.4 – Cad sistema rotazione tubazione**

Dopo questa una breve descrizione iniziale, vengono esposti nei prossimi paragrafi i particolari-macchina più significativi del sistema.

### **7.1.1 Il rotismo**



**Fig. 7.5 – Due viste del rotismo**

Il particolare di interesse nel rotismo è il modo in cui viene fissata la ruota condotta; quest'ultima, costruita con materiale plastico, viene calettata mediante collegamento

filettato direttamente allo spezzone di tubo in marrone che funge da raccordo fra il lato mandata (quella provvista di bocchette per intenderci) e il lato ventilatore.

Con un ulteriore collegamento filettato, la ruota è collegata pure alla flangia in verde, a sua volta fissata alla tubazione di mandata con una fascetta stringitubo.

Utilizzare la ruota condotta in PTFE è una scelta cautelativa: nel caso di malfunzionamenti o guasti, avendo caratteristiche di resistenza notevolmente inferiori all'acciaio, è la prima a cedere, evitando così danneggiamenti ad altri particolari.

L'esigenza di calettare la ruota condotta direttamente al tubo di 224 mm di diametro esterno, ci ha costretto a dimensionare l'interasse dell'ingranaggio di conseguenza.

Nel dettaglio:

- Interasse = 220mm;
- $m$  = modulo = 4mm;
- $Z_{\text{motore}}$  = numero denti ruota motrice = 28;
- $Z_{\text{condotta}}$  = numero denti ruota condotta = 82.

Come i classici sistemi ad ingranaggi, anche questo è provvisto di cuscinetti radiali a sfere per il sostenimento dei due alberi.

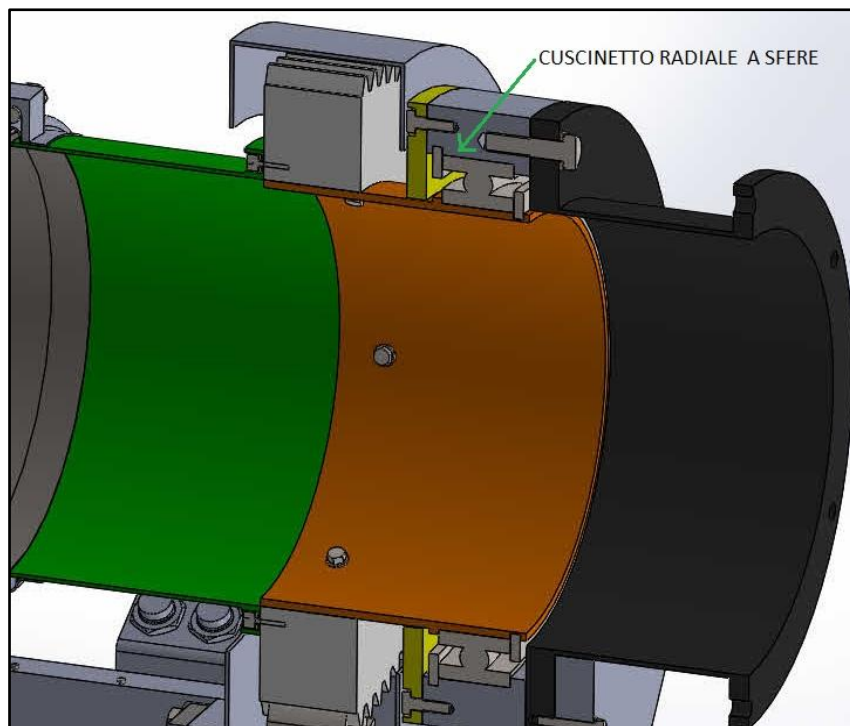


Fig. 7.6 – Particolare *cuscinetto* su albero condotto



### 7.1.2 Il giunto SITEX

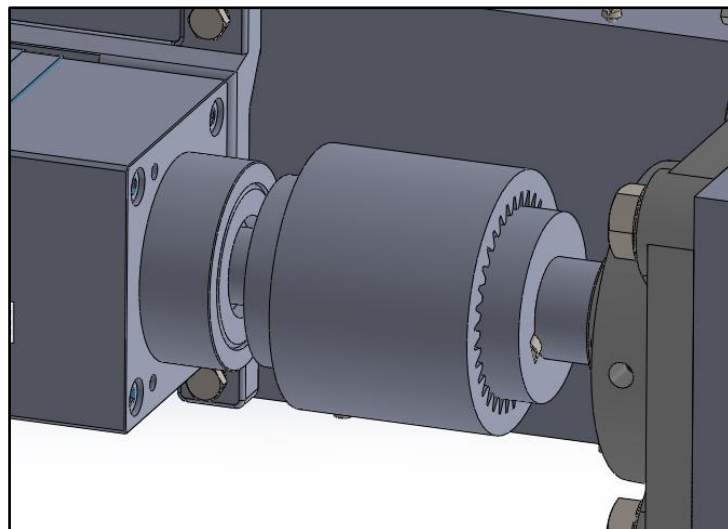


Fig. 7.7 – Il giunto Sitex

Il collegamento fra l'albero-motore e l'albero su cui è calettata la ruota motrice viene ottenuto mediante l'utilizzo di un giunto SITEX.

Il giunto è costituito da due mozzi dentati che impegnano internamente un unico manicotto anch'esso dentato. I mozzi sono costruiti in acciaio e la dentatura è a profilo e sezione bombati; il manicotto invece è costruito in resina di poliammide.

Questa combinazione Acciaio-Poliammide rende il giunto esente da ogni necessità di lubrificazione e manutenzione. In figura 7.8 si riporta le sue specifiche da catalogo.

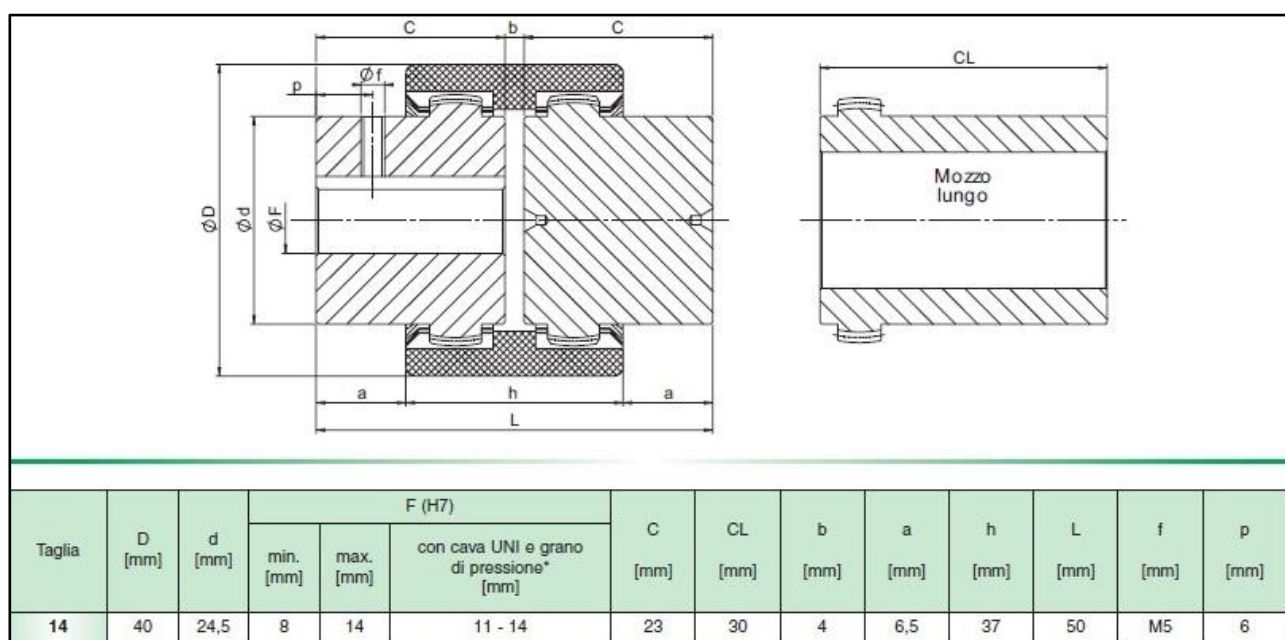


Fig. 7.8 – Scheda tecnica del giunto SITEX

### 7.1.3 Staffe di rotazione

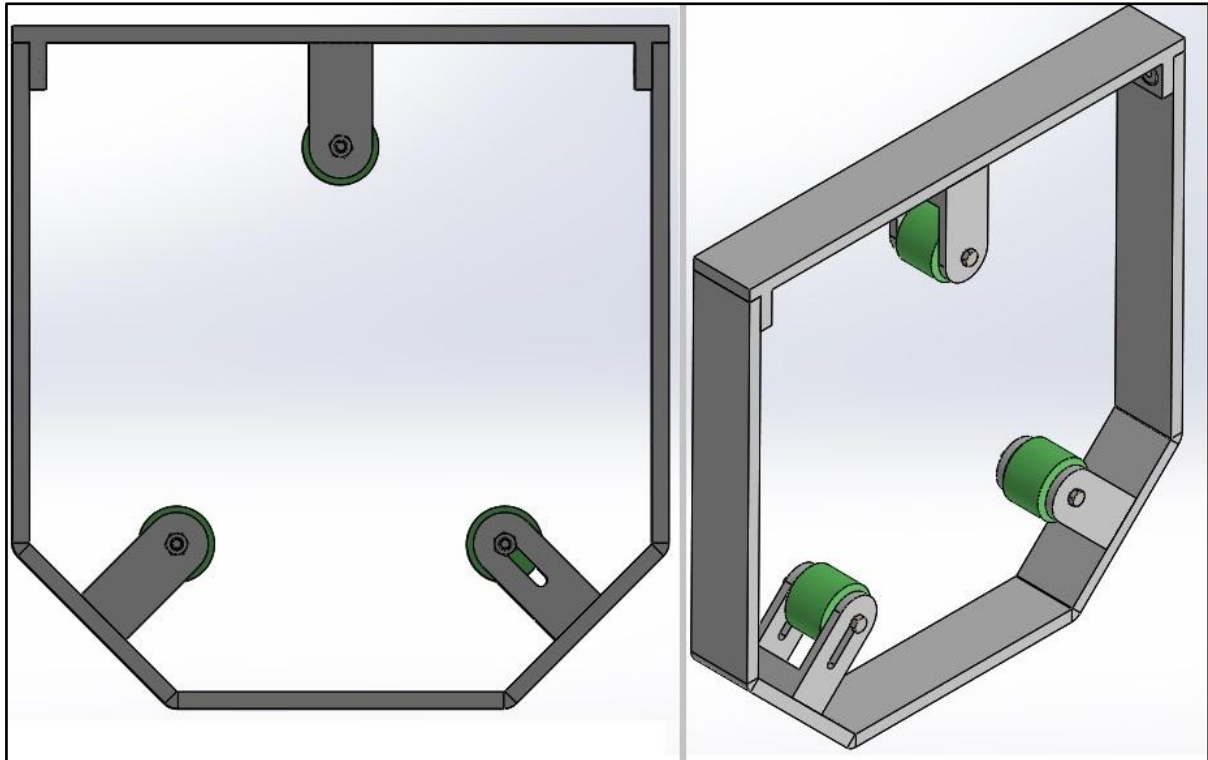


Fig. 7.9 – Staffa di rotazione

L'intera tubazione di mandata, essendo lunga più di 8m, necessita di opportuni sostegni. Le staffe di rotazione si presentano dal punto di vista strutturale come dei semplici appoggi, prevenendo l'inflessione della tubazione. Le tre rotelle, in contatto con la tubazione, ruotano solidalmente a questo, fornendogli allo stesso tempo supporto.

Una delle tre sedi delle rotelle presenta un'asola, la cui funzione è quella di far recuperare eventuali errori di coassialità durante il montaggio.

Le tre rotelle sono costruite in Teflon: tale scelta è stata fatta per ridurre il più possibile l'attrito durante la rotazione dell'albero e in particolar modo durante l'avviamento; infatti nell'accoppiamento Acciaio-Teflon abbiamo:

- $\mu_{\text{statico}} = 0.04$  ;
- $\mu_{\text{dinamico}} = 0.04$  .

Sono presenti complessivamente 5 staffe di rotazione per ogni linea di mandata, distanziate di 1900mm l'una dall'altra.

Le staffe a loro volta sono fissate alla parete della cabina mediante delle travi a mensola e un collegamento flangiato.

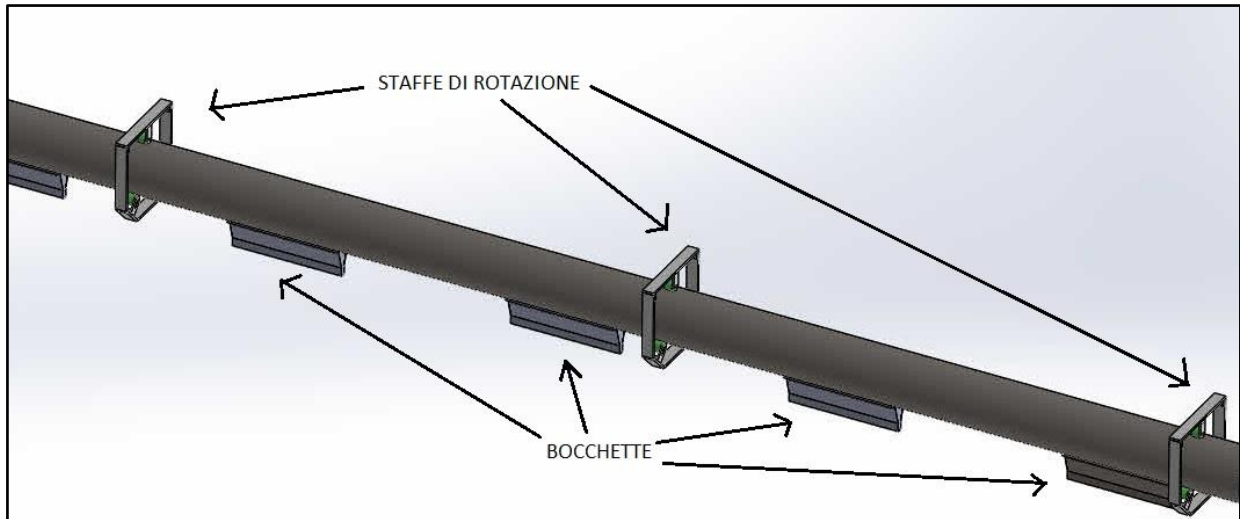


Fig. 7.10 – Particolare del sostegno

## 7.2 VERIFICA DEL MOTORIDUTTORE

### 7.2.1 Il ciclo di funzionamento

L'impianto di soffiaggio si mette in funzione automaticamente ogni qualvolta la linea si fermi: questo può accadere per una micro fermata come un guasto o un cambio bobina. Le linee di mandata lavorano sempre alternativamente; due valvole a saracinesca, poste subito a valle del ventilatore, si chiudono o si aprono tramite un azionamento pneumatico, permettendo l'afflusso di aria all'una o all'altra linea di mandata.

La fig.7.11 rappresenta graficamente il ciclo, riassumibile in 4 sottofasi:

1. Il motore porta la tubazione alla velocità di rotazione nominale, con un transitorio dell'ordine del decimo di secondo;
2. La tubazione ruota di un angolo pari a  $\theta_{\text{rotazione}}$  in un senso;
3. Giunto a fine corsa la tubazione si ferma;
4. Dopo 2sec di pausa il senso di rotazione si inverte.

Una volta cessata la corsa di andata e ritorno, per una delle due linee, inizia immediatamente quella dell'altra, con uno sviluppo del tutto analogo.

L'intero movimento è governato da un PLC mentre il segnale di inversione del moto viene ottenuto mediante l'ausilio di due fotocellule (fig.7.12).

Nell'istante in cui la tubazione arriva a fine corsa, una barretta filettata, fissata al tubo tramite un dado saldato, si sovrappone alla fotocellula che trasforma questo segnale ottico in uno elettrico per il PLC.

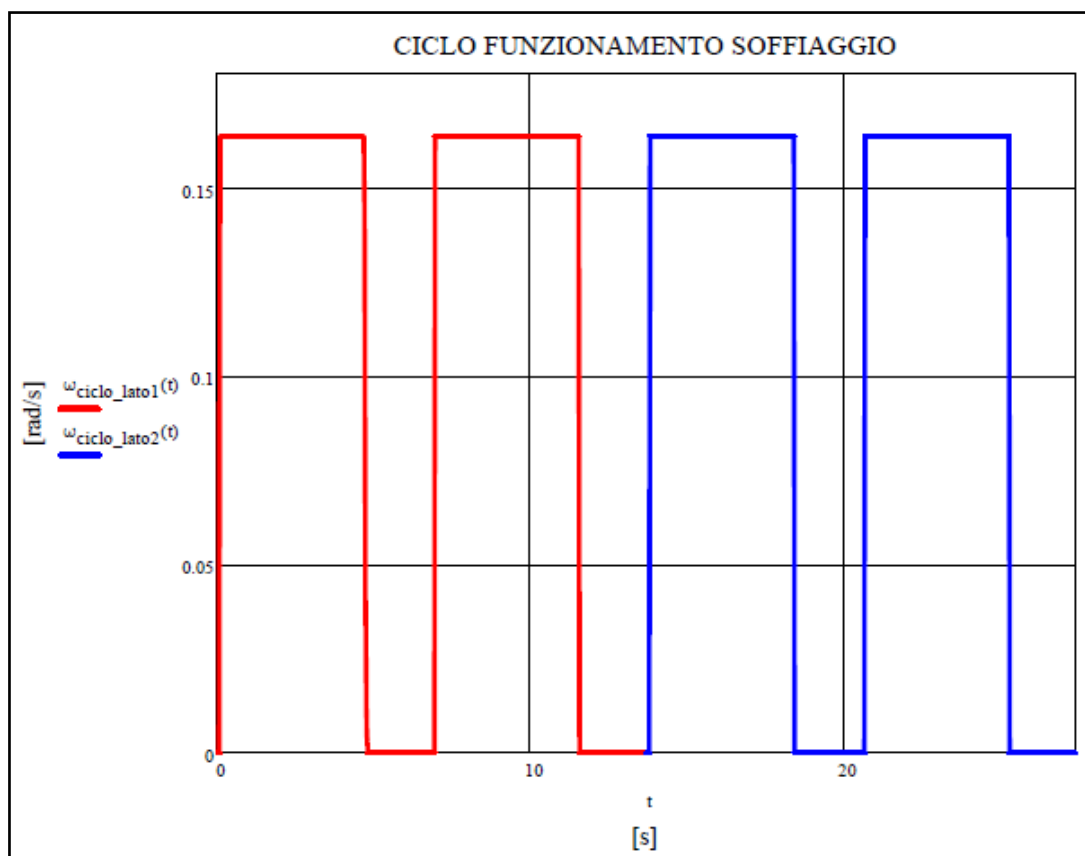


Fig. 7.11 – Ciclo di funzionamento dell'impianto di soffiaggio

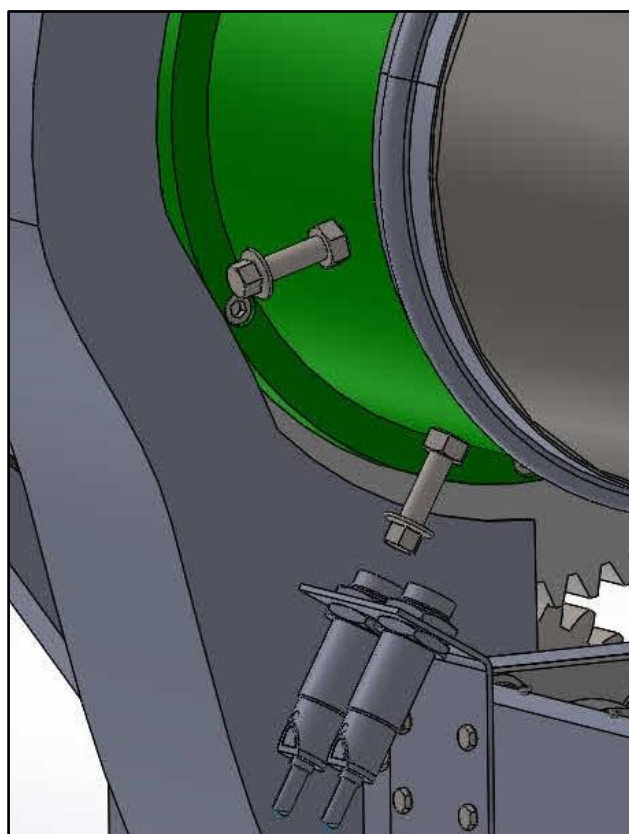


Fig. 7.12 – Particolare della Fotocellula

### 7.2.2 Verifica del motore

Il motore viene portato a regime tramite quello che può essere definito un ingresso a gradino, ovvero alimentando il circuito da 0 a 24V in maniera istantanea. La frenatura viene effettuata in maniera del tutto analoga, disalimentando la rete.

Il motore dovrà essere in grado, durante il transitorio, di vincere l'inerzia dell'intero sistema e in aggiunta anche l'attrito, seppur minimo, derivante dal contatto della tubazione con le rotelle di supporto.

Definiti:

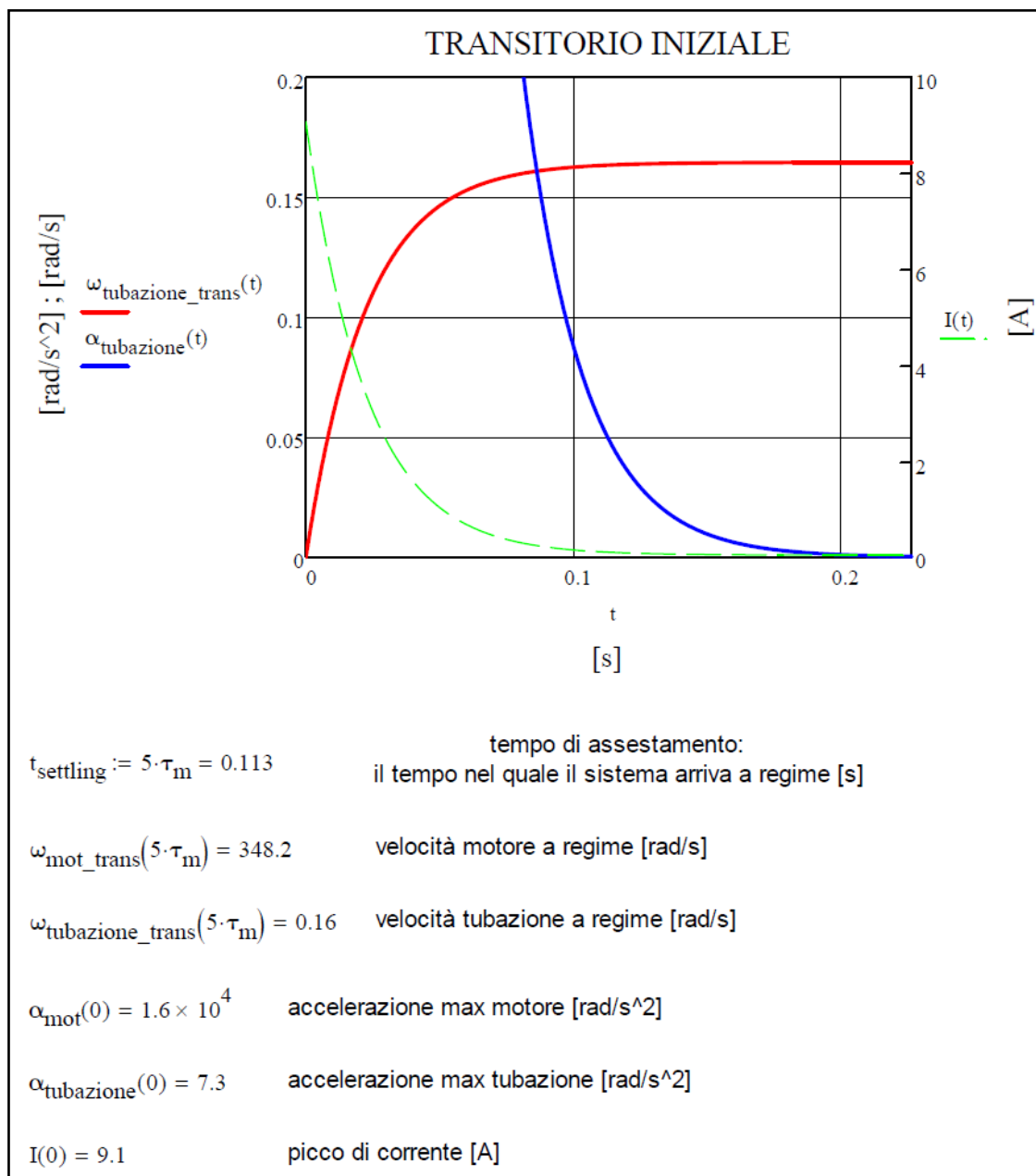
- $M_{\text{tubazione}} = 99 \text{ Kg}$  ;
- $J_{\text{tubazione}} = \text{momento di inerzia tubazione} = 1.01 \text{ Kgm}^2$  ;
- $J_{\text{motore}} = \text{momento di inerzia motore} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ Kgm}^2$  ;
- $V_n = \text{tensione nominale} = 24 \text{ V}$  ;
- $I_n = \text{corrente nominale} = 1.1 \text{ A}$  ;
- $R_a = \text{resistenza di armatura motore elettrico} = 2.02 \Omega$  ;
- $L_a = \text{induttanza di armatura} = 2.76 \cdot 10^{-3} \text{ H}$  ;
- $K_e = \text{costante di coppia motore} = 0.052 \frac{\text{Nm}}{\text{A}}$  ;
- $i = \text{riduzione velocità motoriduttore} = \frac{1}{703}$  ;
- $C_n = \text{coppia nominale motore elettrico} = K_e \cdot I_n = 0.057 \text{ Nm}$  ;
- $\tau = \text{riduzione velocità tramite rotismo} = \frac{1}{3}$  ;
- $\eta_{\text{rotismo}} = 0.95$  ;
- $\omega_{\text{regime eff}} = \text{velocità tubazione a regime} = 0.167 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$  ;
- $\omega_{\text{motore nom}} = \text{velocità motore a regime} = 3350 \text{ rpm} = 351 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$  .

Abbiamo:

- $\tau_e = \text{costante elettrica motore} = \frac{L_a}{R_a} = 1.4 \cdot 10^{-3} \text{ s}$  ;
- $J_{\text{rid}} = \text{inerzia all'asse motore} = J_{\text{tubazione}} \cdot \frac{\tau^2 \cdot i^2}{\eta_{\text{rotismo}}^2} = 2.5 \cdot 10^{-7} \text{ Kgm}^2$  ;
- $\tau_m = \text{costante meccanica motore} = \frac{(J_{\text{motore}} + J_{\text{rid}}) \cdot R_a}{K_e^2} = 0.023 \text{ s}$  .

Essendo la costante elettrica del motore molto inferiore a quella meccanica, il transitorio iniziale può essere schematizzato con un modello del primo ordine nel quale:

- $\omega_{\text{motore}}(t) = \text{velocità motore nel transitorio} = \omega_{\text{mot}_{\text{nom}}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_m}}\right)$  ;
- $\alpha_{\text{motore}}(t) = \text{accelerazione motore nel transitorio} = \frac{d(\omega_{\text{motore}}(t))}{dt}$  ;
- $\omega_{\text{tubazione}}(t) = \omega_{\text{motore}}(t) \cdot i \cdot \tau$  ;
- $\alpha_{\text{tubazione}}(t) = \text{accelerazione tubazione nel transitorio} = \frac{d(\omega_{\text{tubazione}}(t))}{dt}$  .



**Fig. 7.13 – Transitorio iniziale**

Descritto il ciclo di funzionamento e definito il comportamento elettro-meccanico del sistema durante il transitorio, non resta che determinare i carichi sull'asse motore:

- $C_{inerzia}(t) = (J_{rid} + J_{motore}) \cdot \alpha_{motore}(t)$  ;
- $C_{attrito} = \frac{M_{tubazione} \cdot g}{\cos \beta} \cdot \mu_{statico} \cdot \frac{\Phi^2}{2}$  ;
- $C_{resistente}(t) = C_{inerzia}(t) + C_{attrito} \cdot i \cdot \tau$  .

Tale valore della coppia di attrito si ottiene considerando che, durante la rotazione, il peso della tubazione si scarichi completamente sulle rotelle inferiori; l'angolo di pressione di tali rotelle è pari a  $\beta=45^\circ$  (vedi fig.7.9).

Il ciclo può essere a buon diritto definito come *ciclo di breve durata*: in queste tipologie di servizio il motore può anche erogare coppie nettamente maggiori di quella nominale per brevissimi periodi; due sono le condizioni da verificare per ovviare a problemi termici:

1.  $C_{resistente\ rms} \leq C_n$  ;
2.  $MAX|C_{resistente}(t)| \leq C_{mot\_MAX}$  .

Con:

- $C_{resistente\ rms} = \sqrt{\frac{1}{t_{rotazione\ eff}} \cdot \int_0^{t_{rotazione\ eff}} C_{resistente}(t)^2 dt} = 0.023Nm$  ;
- $I_{max} = 10A$  ;
- $C_{mot\_MAX} = K_e \cdot I_{max} = 0.052 \cdot 10 = 0.52Nm$  ;
- $MAX|C_{resistente}(t)| = C_{resistente}(0) = 0.471Nm$ .

In definitiva si conclude che:

- $\eta_1 = \frac{C_n}{C_{resistente\ rms}} = 2.5$  ;
- $\eta_2 = \frac{C_{mot\_MAX}}{MAX|C_{resistente}(t)|} = \frac{0.52}{0.471} = 1.1$ .

Entrambe le condizioni ,quindi, risultano verificate.

## Cap.8 – CONCLUSIONI

### 8.1 EFFETTI DELL'INSTALLAZIONE DELL'IMPIANTO DI SOFFIAGGIO



Fig. 8.1 – Impianto di soffiaggio montato nella cabina-T07

Inizialmente il tempo perso per la pulizia di fine turno rappresentava il 4.5% delle perdite (vedi fig.4.2).

Osservando la fig.8.2 si vede come adesso tale inefficienza è stata ridotta, mediamente, al 3%. Da un punto di vista pratico ciò significa aver guadagnato 7.2min a turno di produzione. Le settimane che vanno dalla 24 alla 27 non presentano alcun istogramma poiché vi è stato un fermo della linea necessario all'installazione dell'impianto.

Con riferimento alla fig.2.6, dove era stata presentata la scheda tecnica dei tovaglioli "Regina-quadrifogli" (prodotti ad una velocità della linea di 300m/min), un tale margine di tempo risparmiato permette la produzione di circa 11 scatole in più a turno.

Analizzando l'impianto da un punto di vista tecnico, si conclude che, nonostante abbia portato notevoli benefici in termini di pulizia e di prevenzione incendio, può essere



ulteriormente perfezionato. Durante la progettazione, infatti, non è stato toccato minimamente quello che era il sistema di captazione delle polveri, ma le quattro cappe poste a lato cabina non risultano però del tutto sufficienti a coprire interamente il corridoio.

Questa mancanza determina, in alcuni punti, una sorta di accumulo delle polveri, che vengono si sospinte dal soffio di aria ma non riescono ad essere aspirate (fig.8.3).

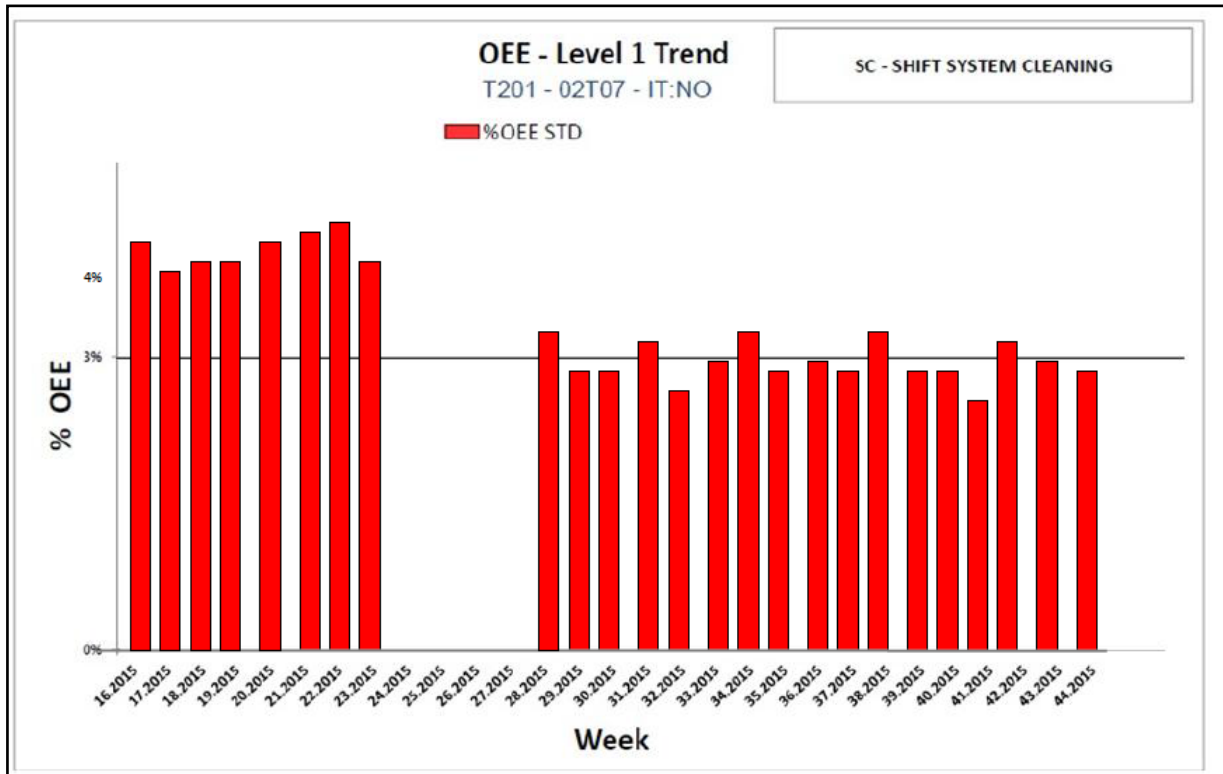


Fig. 8.2 – Shift system cleaning trend



Fig. 8.3 – Polvere accumulatosi in alcuni punti

## 8.2 RISULTATI DELLA MANUTENZIONE AUTONOMA

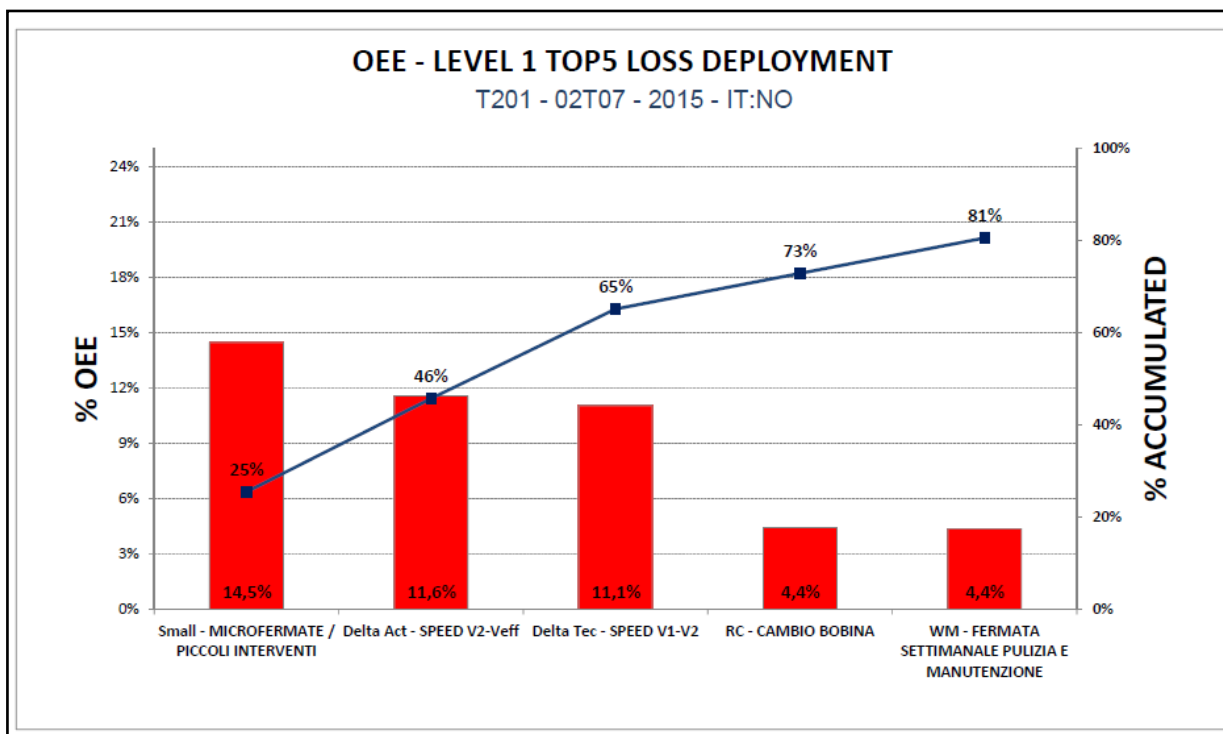


Fig. 8.4 – OEE – level1 (Novembre 2015)

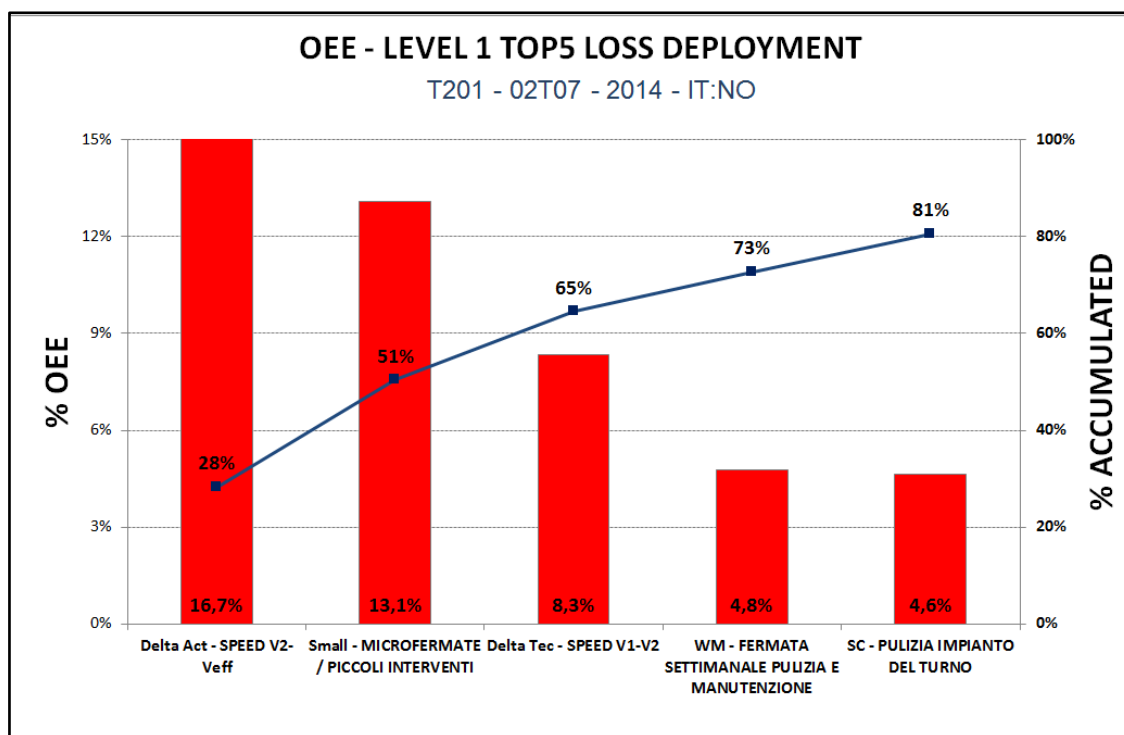


Fig. 8.5 – OEE – level1 (Gennaio 2015)

Una prima occhiata dei grafici precedenti potrebbe darci una idea fuorviante sui risultati della manutenzione autonoma; in apparenza infatti, le micro fermate sono aumentate di un punto percentuale, dato del tutto negativo per quello che è lo scopo della M.A.

Analizzando però le perdite per  $\Delta V$ , si vede come esse siano state notevolmente abbattute; è fondamentale spiegarne il motivo.

Le attività di pulizia, ispezione, lubrificazione hanno permesso di aumentare la velocità della linea poiché lo stato della macchina, non più degradato, lo rendeva possibile.

Un aumento della velocità ha messo in evidenza altri limiti della produzione legati alla resa della carta; la carta tissue proveniente dalla cartiera presenta delle caratteristiche meccaniche e fisiche ben precise; l'incremento della velocità, qualora la carta non riesca a sostenere il carico a cui è sottoposta, provoca delle fermate dovute ad esempio a strappi o a goffrature o tagli non ottimali, che inficiano sul valore delle micro fermate.

Risulta evidente la necessità di avere una visione globale dell'efficienza della macchina, per poter trarre delle conclusioni sulla sua resa effettiva.

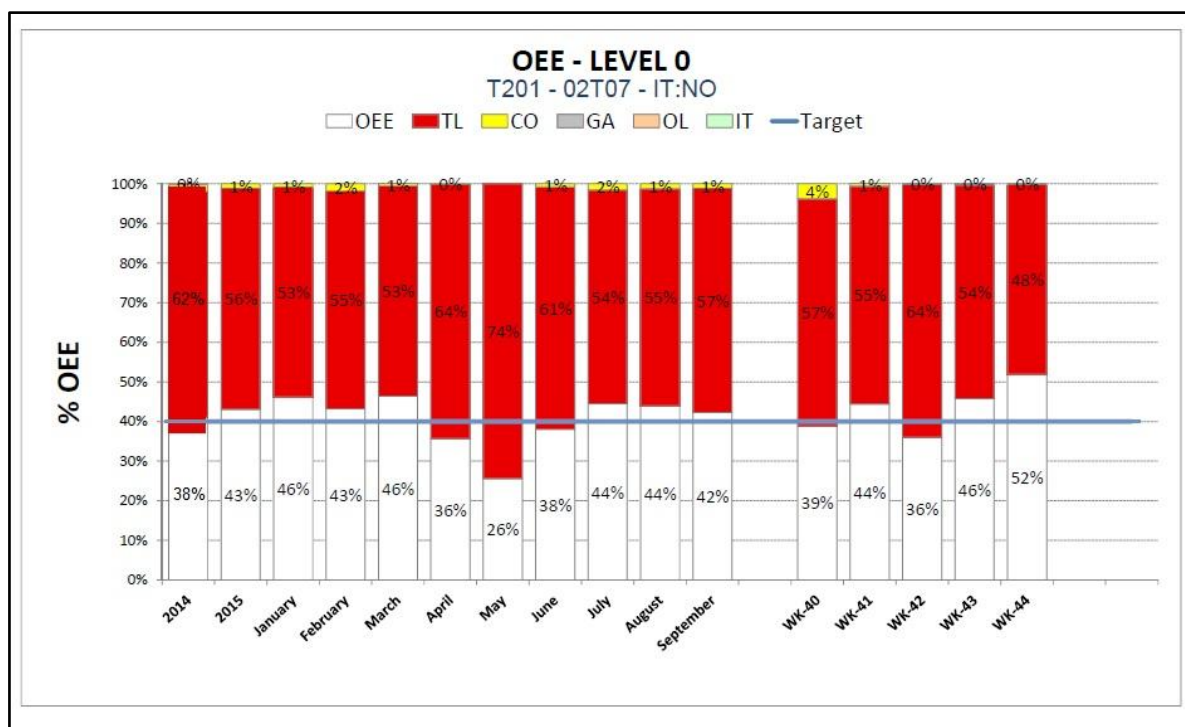


Fig. 8.6 – OEE – level 0 (Novembre 2015)

L'OEE-0 evidenzia come complessivamente si sia avuto un incremento dell'efficienza di 5 punti percentuali, imputabili tanto alla manutenzione autonoma quanto alla riduzione dei tempi di pulizia di fine turno.

## ELENCO DELLE FIGURE

- Fig. 1.1 – “I numeri della produzione carta in Lucchesia (anno 2012)”.....pag.10
- Fig. 2.1 – “Regina Carta-camomilla” ..... pag.14
- Fig. 2.2 – “Asciugone Regina” .....pag.15
- Fig. 2.3 – “Regina di Cuori” .....pag.15
- Fig. 2.4 – “Rotoloni Regina” .....pag.16
- Fig. 2.5 – “Fazzoletti Regina Looney Tunes” .....pag.16
- Fig. 2.6 – “Tovaglioli Regina Quadrifogli” ..... pag.17
- Fig. 2.7 – “Stazione stampa in caso di quadricromia” .....pag.18
- Fig. 2.8 – “Schema del gruppo Goffratura del tipo Acciaio-Acciaio” .....pag.19
- Fig. 2.9 – “Testa formatrice e schema di funzionamento” ..... pag.20
- Fig. 2.10 – “Elementi nevralgici del trasferitore automatico” .....pag.20
- Fig. 2.11 – “Planimetria Confezionatrice” .....pag.21
- Fig. 2.12 – “Sequenza di confezionamento” ..... pag.22
- Fig. 2.13 – “Punta-Punta vs Punta-Piatto” .....pag.24
- Fig. 2.14 – “Stazione di Taglio trasversale” .....pag.25
- Fig. 2.15 – “Stazione di Piegatura trasversale” .....pag.25
- Fig. 2.16 – “Rosetta” .....pag.26
- Fig. 2.17 – “Ruota a celle” .....pag.27
- Fig. 2.18 – “Sequenza di impacchettamento – Ruota a celle” .....pag.27
- Fig. 2.19 – “Etichettatrice” .....pag.28
- Fig. 3.1 – “Le 6 grandi perdite di impianto” .....pag.31
- Fig. 3.2 – “OEE” .....pag.33
- Fig. 3.3 – “Tipologie di perdite per il calcolo OEE” .....pag.34
- Fig. 3.4 – “OEE – Level 0” .....pag.35
- Fig. 3.5 – “OEE – Level 1” .....pag.36
- Fig. 3.6 – “OEE – Level 2” .....pag.37
- Fig. 4.1 – “Planimetria T07” .....pag.44
- Fig. 4.2 – “OEE-0 sulla linea T07 (dicembre 2014)” .....pag.45
- Fig. 4.3 – “OEE-1 sulla linea T07 (dicembre 2014)” .....pag.46

• Fig. 5.1 – “Passi da svolgere durante la fase di progetto” .....	pag.47
• Fig. 5.2 – “Puntinatura T07” .....	pag.48
• Fig. 5.3 – “Esempio di cartellino” .....	pag.50
• Fig. 5.4 – “Esempio di compilazione cartellino” .....	pag.50
• Fig. 5.5 – “Grafico <<andamento cartellini>> emessi (linea rossa) ed evasi (linea verde)” .....	pag.51
• Fig. 5.6 – “Esempio di carter-cinghia in plexiglass” .....	pag.52
• Fig. 5.7 – “Esempio di indicazione del punto di ingrassaggio” .....	pag.53
• Fig. 5.8 – “Esempio di visual control sul livello del grasso” .....	pag.53
• Fig. 5.9 – “T07 bollata per individuare le aree coinvolte dagli standard” .....	pag.55
• Fig. 5.10 – “Stralcio tratto dagli standard di pulizia settimanale” .....	pag.55
• Fig. 5.11 – “Struttura tabellone della Manutenzione autonoma” .....	pag.56
• Fig. 5.12 – “Esempio di OPL” .....	pag.57
• Fig. 5.13 – “Passi da seguire per una azione correttiva” .....	pag.58
• Fig. 5.14 – “Esempio di <<Diario di bordo>>(Logbook)” .....	pag.59
• Fig. 6.1 – “Andamento temperatura accensione in funzione dello spessore dello strato” .....	pag. 61
• Fig. 6.2 – “Pompa e pavimento cabina coperti da polvere” .....	pag.62
• Fig. 6.3 – “Differenze fluidodinamiche fra campo velocità in mandata e in aspirazione” .....	pag.63
• Fig. 6.4 – “principio teorico di funzionamento” .....	pag.64
• Fig. 6.5 – “Posizione e forma delle cappe di aspirazione” .....	pag.64
• Fig. 6.6 – “Schema funzionamento meccanismo rotazione” .....	pag.65
• Fig. 6.7 – “Schema del getto piano” .....	pag.66
• Fig. 6.8 – “Parametri caratteristici del getto piano” .....	pag.66
• Fig. 6.9 – “Bocchette di efflusso” .....	pag.68
• Fig. 6.10 – “Layout prototipo” .....	pag.69
• Fig. 6.11 – “Nomogrammi per la definizione delle perdite concentrate” .....	pag.71
• Fig. 6.12 – “Punto di lavoro dell’impianto prototipo” .....	pag.72
• Fig. 6.13 – “Risultati della simulazione” .....	pag.74
• Fig. 6.14 – “Parametri per il dimensionamento finale” .....	pag.76
• Fig. 6.15 – “Rappresentazione quotata tubazione di mandata” .....	pag.77

• Fig. 6.16 – “Foglio di calcolo” .....	pag.78
• Fig. 6.17 – “Profilo velocità getto di aria a distanza 2500mm dalla sezione di uscita” .....	pag.79
• Fig. 6.18 – “Layout impianto disoffiaggio” .....	pag.81
• Fig. 6.19 – “Scheda tecnica ventilatore <i>Ferrari</i> ” .....	pag.82
• Fig. 6.20 – “Sistema rotazione prototipo” .....	pag.83
• Fig. 7.1 – “Dimensioni di riferimento per calcolo angolo di rotazione” .....	pag.84
• Fig. 7.2 – “Scheda tecnica motoriduttore <i>Minimotor</i> ” .....	pag.85
• Fig. 7.3 – “Schema meccanico del sistema di rotazione” .....	pag.86
• Fig. 7.4 – “CAD sistema rotazione tubazione” .....	pag.87
• Fig. 7.5 – “Due viste del rotismo” .....	pag.87
• Fig. 7.6 – “Particolare <i>cuscinetto</i> su albero condotto” .....	pag.88
• Fig. 7.7 – “Giunto <i>Sitex</i> ” .....	pag.89
• Fig. 7.8 – Scheda tecnica del giunto <i>Sitex</i> ” .....	pag.89
• Fig. 7.9 – “Staffa di rotazione” .....	pag.90
• Fig. 7.10 – “Particolare del sistema di sostegno” .....	pag.91
• Fig. 7.11 – “Ciclo funzionamento impianto di soffiaggio” .....	pag.92
• Fig. 7.12 – “Particolare della fotocellula” .....	pag.92
• Fig. 7.13 – “Transitorio iniziale” .....	pag.94
• Fig. 8.1 – “Impianto di soffiaggio montato nella cabina T07” .....	pag.96
• Fig. 8.2 – “Shift clearing system – Trend” .....	pag.97
• Fig. 8.3 – “Polvere accumulata” .....	pag.97
• Fig. 8.4 – “OEE – Level1 (Novembre 2015)” .....	pag.98
• Fig. 8.5 – “OEE – Level1 (Gennaio 2015)” .....	pag.98
• Fig. 8.6 – “OEE – Level0 (Novembre 2015)” .....	pag.99

## ELENCO TABELLE

- Tab. 6.1 – “Definizione caratteristiche della linea prototipo per il calcolo delle perdite” .....pag. 70
- Tab. 6.2 – “Definizione caratteristiche della linea di soffiaggio per il calcolo delle perdite” .....pag.82

## BIBLIOGRAFIA

1. "An introduction to Total Productive Maintenance" – "J. Venkatesh";
2. "Total Productive Maintenance" – "Steven Borris";
3. "Total Productive Maintenance; strategies and implementation guide" – "Tina Kanti Agustiady, Elizabeth Cudney" - "CRC-press";
4. "Slide delle lezioni di <<Impianti Industriali>>" – "Prof. Marcello Braglia" – "Facoltà di Ingegneria – Università degli studi di Pisa";
5. "Applicazione della Manutenzione Autonoma: studio e progettazione di una stazione di saldatura per il confezionamento di prodotti Tissue" – "Dott. Luca Carmignani" - "ETD";
6. "La Riorganizzazione della Manutenzione in ottica TPM in un'azienda manifatturiera" – "Dott. Marco Montelisciani" - "ETD";
7. "Slide delle lezioni di <<Elettrotecnica e Azionamenti industriali>>" – "Prof. Rocco Rizzo" – "Facoltà di Ingegneria – Università degli studi di Pisa";
8. "Appunti di Idraulica Ambientale" – "Giovanni Seminara, Marco Tubino" – "Facoltà di Ingegneria - Università degli studi di Trento";
9. "Dispensa del corso di <<Impianti Meccanici>>" – "Prof. Roberto Gabbrielli" – "Facoltà di Ingegneria – Università degli studi di Pisa".



## RINGRAZIAMENTI

Alla fine di questo percorso, ripensando al *viaggio*, non posso fare a meno di dedicare questo risultato a chi ha saputo starmi accanto.

A mia madre, donna di generosità infinita.

A mio padre, uomo che mi ha insegnato cosa vuol dire *rispetto* e cosa sia il *sacrificio*.

Alle mie sorelle, riferimento sempre presente nel mio maturare.

A Daniele, capace di diventare, fin dal primo momento, uno della mia famiglia.

A Gianluca, Simone, Francesco, miei fratelli di fatto, sempre al mio fianco.

A Letizia, la quale, con tanta pazienza, è stata capace di entrare prepotentemente nella mia vita.

Ai miei amici *babacce*, perenne fonte di allegria.

Voglio infine ringraziare chi mi ha dato la possibilità di avere questo primo contatto con il mondo del lavoro e di fare questa fondamentale esperienza: il Plant Manager Soffass Giuseppe Pizzi, Francesco Coronelli e tutti i miei *colleghi* di ufficio.

A voi tutti che condividerete con me questo traguardo: GRAZIE!!!